Jahrbuch der Naturkunde

Achter Jahrgang 1910

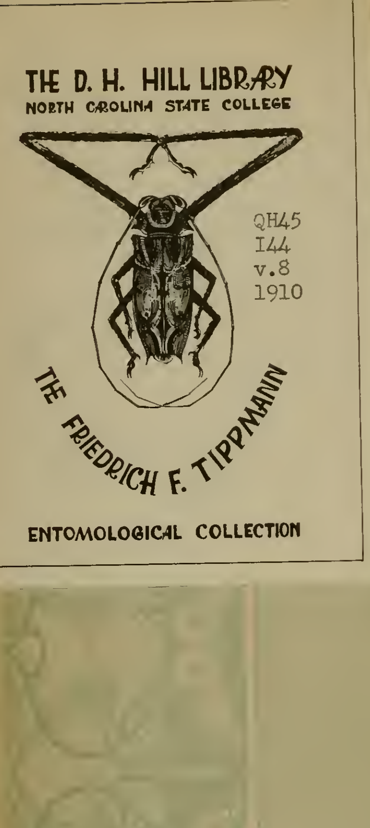
KARL PROCHASKAS
ILLUSTR. JAHRBÜCHER

Von Herm. Berdrow



VERLAG UND DRUCK VON KARL PROCHASKA ▵ LEIPZIG ▿ WIEN ▿ TESCHEN

Preis 1 Mk. 50 = 1 K 80


THE D. H. HILL LIBRARY
NORTH CAROLINA STATE COLLEGE
QH45
I44
v.8
1910
THE FRIEDRICH F. TIPPMANN
ENTOMOLOGICAL COLLECTION



»Prochaskas Illustrierte Jahrbücher« bestehen aus folgenden Teilen:

Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. Erscheint alljährlich seit 1901. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. Erscheint alljährlich seit 1900. Die Jahrgänge I—IV kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom V. Jahrgang (Geschichte des Jahres 1904) ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. Erscheint alljährlich seit 1902. Die Jahrgänge I—III kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom IV. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. Erscheint alljährlich seit 1903. Die Jahrgänge I und II kosten broschiert je 1 Mark, in Leinwand gebunden je 2 Mark. Vom III. Jahrgang ab ist dieses Jahrbuch nur noch in Halbleinwand gebunden à 1 M. 50 Pf. und in Leinwand gebunden à 2 Mark erhältlich.

Illustriertes Jahrbuch der Gesundheit. Hievon ist ein Jahrgang erschienen, der broschiert 1 Mark, in Leinwand gebunden 2 Mark kostet.

Auf Wunsch werden auch die früher brosch. erschienenen Bände der »Illustr. Jahrbücher« in dem neuen Halbleinen-Einband zum Preise von 1 Mark 50 der Band geliefert.

Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern liegt der Gedanke zu Grunde, über die Fortschritte der Kultur auf den wichtigsten Gebieten des modernen Lebens alljährlich eine Revue zu geben, die übersichtlich, allgemein verständlich und derart stilistisch gehalten ist, daß ihre Lektüre eine anziehende, geistbildende Unterhaltung genannt werden kann.

Für jung und alt, für alle Gesellschaftskreise gleich geeignet und gleicherweise interressant, sind diese Jahrbücher eine der empfehlenswertesten Erscheinungen der neueren volkstümlichen Literatur.

Urteile der Presse über Prochaskas Illustrierte Jahrbücher.

Über Land und Meer. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Ein glücklicher Gedanke ist hier in gediegener Weise verwirklicht: ein bequemer Überblick über die technischen Fortschritte in Form eines reich illustrierten Jahrbuchs zu außerordentlich billigem Preis."

Basler Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Endlich haben wir einmal eine gute, billige und ausgezeichnet illustrierte Übersicht alles dessen, was die Naturkunde im Laufe eines Jahres als neue Entdeckungen zu verzeichnen hatte. Es ist eine Freude, die prächtige, für jedermann verständliche Übersicht zu lesen. Jeder Gebildete sollte diese Jahrbücher erwerben und sie nicht nur in seiner Bibliothek aufstellen, sondern auch lesen. Derartige Schriften nützen der Aufklärung unendlich viel mehr als alle kulturkämpferischen Zeitungsartikel. Möchte doch dieses Unternehmen die weiteste Verbreitung in allen Schichten der Bevölkerung finden."

Frankfurter Zeitung. Prochaskas Illustrierte Jahrbücher erfreuen sich einer von Jahr zu Jahr wachsenden Anerkennung, was bei der Gediegenheit des Inhalts und der Ausstattung, sowie dem billigen Preise nicht zu verwundern ist. In der Anlage übersichtlich, in der Darstellung fast durchwegs klar und allgemein verständlich gehalten, ohne irgend trivial zu werden, unterrichten diese Jahrbücher über die in ihnen behandelten Erfahrungs- und Forschungsgebiete mit einer für den Nichtfachmann vollkommen ausreichenden Ausführlichkeit, den Fachmann selbst aber mitunter verblüffenden Gründlichkeit. Bei der ungeheuren Fülle von Eindrücken, die tagaus tagein aus dem Leben, aus Tagesblättern und Zeitschriften auf den wissensdurftigen Kulturmenschen einwirken, ist es für den gewöhnlichen Sterblichen fast unmöglich, Spreu und Weizen zu scheiden und aus dem Vielerlei ein klares Bild zu gewinnen. Da sind denn Führer, wie es Prochaskas Jahrbücher sein wollen, durchaus am Platze. Rückschauend blicken wir noch einmal des Weges entlang, den wir durch lange Monate gewandert sind, und erkennen staunend, daß manches Kleine groß und manches Große klein geworden, alles aber, den Gesetzen der geistigen Perspektive gemäß nach Möglichkeit gewertet, gesichtet und geordnet ist. So gewinnen wir nachträglich ruhende Pole in den Erscheinungen Flucht — immer vorausgesetzt natürlich, daß wir guten Führern folgen. Und Prochaskas Jahrbücher sind solche Führer.

Die Woche. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte „Wir können dem stattlichen Bande kein besseres Geleitwort auf den Weg mitgeben, als den Ausdruck unserer Überzeugung, daß es dem Verfasser gelungen ist, die Worte seines Programms glänzend zu verwirklichen: ‚Nicht ein Urkunden- oder Nachschlagebuch ist, was wir den Lesern bieten, sondern wir wollen ihnen die handelnden Personen, die Kämpfe und Ereignisse in möglichst lebensvollen Bildern vorführen, die Triebkräfte des politischen Lebens aufdecken und den inneren Zusammenhang alles Geschehenen klarmachen.' Die volkstümliche, klare und doch vornehme Haltung des Jahrbuchs werden demselben gewiß viele Freunde und Schätzer gewinnen. Wer eine aller Parteilichkeit entkleidete Schilderung der Ereignisse jedes Jahres wünscht, säume nicht, sich in den Besitz dieses gediegenen ‚Jahrbuchs' zu setzen."

Fortsetzung am Schluße des Buches

Illustriertes Jahrbuch
der Naturkunde
Achter Jahrgang.



Der Hadrosaurus, ein fleischfressendes Reptil der Kreidezeit.

Prochaskas Illustrierte Jahrbücher

Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde

Achter Jahrgang 1910 Von H. Berdrow



Leipzig Königstraße 9/11. Karl Prochaska in Teschen Wien Seilerstätte 5.

Inhaltsverzeichnis.*)

---

*) Denjenigen Herren, die mich durch Übersendung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten zu unterstützen die Freundlichkeit hatten, spreche ich meinen ergebensten Dank aus. Herm. Berdrow.

Alphabetisches Sachregister.



Ichthyosauren.

Weltall und Sonnenwelt.

(Astronomie, Meteorologie.)

Der Planet Mars. * Planeten und Monde. * Kometen. * Die Sonne. * Unsere Fixsternwelt. * Meteorologisches aus der neuen Welt.

Der Planet Mars.

Unter allen Erdgeschwistern erfreut sich nach wie vor der Planet Mars der unveränderten Vorliebe und Aufmerksamkeit seitens der Laien wie der Astronomen. Das große Problem, ob Mars Lebewesen von menschenähnlicher Natur und Intelligenz trägt, oder ob im Sonnensystem, vielleicht sogar im großen Weltall die Menschheit „unter Larven die einzig fühlende Brust" darstelle, scheint in positivem Sinne gelöst werden zu können. Allerdings nahmen noch vor wenigen Jahren Dr. A. R. Wallace und andere Forscher mit ihm an, Mars besitze keine genügende Masse, um Wasserdampf in einer zur Existenz von Lebewesen ausreichenden Menge in seiner Atmosphäre festzuhalten, und der sogenannte Polarschnee auf ihm bestehe aus gefrorener Kohlensäure oder einem anderen schweren Gase. Jetzt aber scheint durch die Bemühungen V. M. Sliphers, der das Wasserband im Marsspektrum photographierte, und die Arbeiten Frank W. Verys, der es messend und vergleichend sicherstellte, bewiesen, daß Mars, wie es schon Huggins 1867 und Vogel 1873 behaupteten, Wasser besitzt.

Den Wasserdampfgehalt der Marsatmosphäre hat mit Unterstützung Prof. Lowells der Astrophysiker Frank W. Very*) zu ermitteln versucht. Er benützte dazu ein Instrument, das er den Spektral-Bandenvergleicher nennt, und verglich besonders die Spektra des Mars und des Mondes damit. Das in Betracht kommende a-Band war im Marsspektrum im Januar $4^1/_2$mal stärker als in dem des Mondes. Ferner ergab sich das überraschende Resultat, daß die Marsluft durchschnittlich $1^3/_4$mal so viel Wasserdampf enthält, als im Monat Januar über dem Beobachtungsorte Flagstaff vorhanden ist, nämlich 5 Gramm auf jedes Kubikmeter. Daraus könnte man schließen, daß der Taupunkt auf dem Mars bei 33° F (= 0° C) liegt, wenn die Verteilung der Feuchtigkeit in den oberen Luftschichten der beiden Planeten dieselbe wäre. Das ist jedoch, wie Very an anderer Stelle nachgewiesen hat, nicht der Fall. Die größeren Höhenschichten der Marsatmosphäre haben vielmehr einen weit beträchtlicheren Anteil am Wasserdampf als die entsprechenden Höhen bei uns. Schuld daran sind die verhältnismäßig dünne Marsatmosphäre, der niedrige Siedepunkt des Wassers auf diesem Planeten, wo es sehr rasch verdunstet, und das vorherrschende Wüstenklima, das es selten zu Wolkenbildung und Regen kommen läßt. Daher zerstreut

*) Science, XXIX (1909), Nr. 735.

sich der Wasserdampf dort bis in größere Höhen und bleibt länger in der Schwebe als bei uns.

Obwohl den Mars also ein ausgedehnter Schutzmantel von stark absorbierendem Wasserdampf umhüllen wird, ein Mantel, der die Ausstrahlung der Oberfläche hemmt und ihre Temperatur erhält, so bleibt doch der Taupunkt auf der Oberfläche niedrig, indem er sich wahrscheinlich selten viel über den Gefrierpunkt erhebt, und die auf dem Mars herrschenden meteorologischen Verhältnisse sind derart, daß ein mildes, trockenes Klima herrscht, wie Prof. Lowell schon lange behauptet hat.

Einige weitere Aufschlüsse über die Meteorologie des Mars bietet, soweit die wenigen Kenntnisse das erlauben, Prof. S. Newcomb*). Danach besitzt die Marsatmosphäre höchstens ein Viertel der Dichtigkeit der irdischen Lufthülle. Da die Temperatur auf einem erloschenen Planeten wie Erde oder Mars vorwiegend von der Beschaffenheit seiner Atmosphäre und besonders von ihrer Durchlässigkeit für die Wärmestrahlen abhängt, so dürfen wir nach den Verhältnissen auf der Erde den Schluß ziehen, daß die dünne Marsatmosphäre sowohl der Einstrahlung der Sonnenwärme tagsüber als auch der nächtlichen Rückstrahlung nur sehr geringe Hindernisse in den Weg legen wird. Da bei der Dünne der Marsluft auch die Luftströmungen, die auf der Erde den Ausgleich der Temperaturgegensätze besonders zwischen den Tropen und den Polargegenden einigermaßen herbeiführen, auf dem Mars fast ganz fehlen, so herrschen dort viel größere Temperaturgegensätze als hienieden. In den Äquatorialgegenden des Mars sinkt nach Prof. Newcombs Meinung die Temperatur nachts viel tiefer unter den Eispunkt als irgendwo auf der Erde, und das Wasser, falls es solches noch auf dem Mars gibt, gefriert dann immer und überall zu Eis von weit unter 0°. Falls dann in den Mittagsstunden die Luft- und vielleicht auch die Bodentemperatur in den Marstropen über den Gefrierpunkt steigt und etwas Eis abschmilzt, so geht doch die Wärme nach Sonnenuntergang schnell wieder verloren, und in den Polregionen kommt es sicherlich niemals zum Schmelzen des Eises.

Die weißen Polflecke und ihr jahreszeitliches Zu- und Abnehmen deutet Newcomb folgendermaßen: Bei großer Kälte wird die Luftfeuchtigkeit in Gestalt schneeweiß glitzernder kleiner Eisnadeln ausgeschieden und dieser „Reif" ist es, der in einer Schicht von vielleicht nur 1 Millimeter Dicke um die Pole ausgebreitet liegt. Da nun Schnee und Eis selbst bei größter Kälte langsam verdunsten, so wird die Ausdehnung dieser Reifdecke in der wärmeren Jahreszeit der betreffenden Polgegend allmählich wieder etwas abnehmen, selbst wenn die Temperatur tief unter Null bleibt.

Im allgemeinen werden also die meteorologischen Vorgänge auf dem Mars ähnlich wie auf der Erde verlaufen, nur viel langsamer, matter, innerhalb ganz enger Grenzen. Schneefälle von Fuß- und Zolldicke werden dort durch Reifniederschläge von Millimeterdicke, Stürme und Winde durch schwache Luftbewegung ersetzt, und das alles spielt sich ab in einer Atmosphäre, die dünner noch ist als die Luft, welche die Gipfel des Himalaja umspült.

*) Monthly Weather Review, XXXVI, Nr. 11.

Prof. Lowell, der auf dem Mars fast so gut zu Hause ist wie wir andern auf der Erde, betont in seinem neuesten Werke über unseren Nachbar*) deshalb auch wiederum die Wahrscheinlichkeit, daß Lebewesen auf dem Mars vorhanden sind. Er betrachtet den Mars als Lebensraum und findet, daß er sich zur Ausführung so riesiger Kunstbauten, wie es die Marskanäle sein müssen, vorzüglich eignet. Er hat keine Gebirge, sondern eine durchaus flache und einförmige Oberfläche, auf der auch die belebenden Wasserflächen von Meeren und Seen seit langer Zeit verschwunden sind. Da der Mars infolge seiner Kleinheit auf die Gegenstände seiner Oberfläche mit weit geringerer Anziehungskraft wirkt als die Erde, so ist alles dort viel leichter als bei uns. Es kann mit der gleichen Kraftmenge siebenmal so viel Arbeit geleistet werden als auf der Erde. Da die Marsbewohner ihre Geisteskräfte während einer beträchtlich längeren Zeit entwickelt und geübt haben werden als die Erdmenschen — der Mars ist beträchtlich älter als die Erde — so befähigt sie ihr Geist und die verminderte Schwerkraft gewiß zur Hervorbringung so gewaltiger Werke der Technik, wie die Kanäle, welche sich in beinahe mathematischer Genauigkeit geradlinig über Hunderte, ja über Tausende von Kilometern erstrecken und die Oberfläche des Planeten wie mit einer geometrischen Zeichnung überspannen.

Die Frage nach dem Weshalb? dieser technischen Riesenleistung beantwortet Lowell mit einem Hinweis auf die Wasserverhältnisse des Mars. Da der Planet weit älter und kleiner als die Erde ist, so mußte er sich rascher abkühlen. Mit der fortschreitenden Abkühlung aber verliert sich das Wasser auf zweierlei Wegen von der Oberfläche. Ein Teil des kostbaren Nasses wird vom Innern des Weltkörpers aufgesogen, ein anderer verdunstet langsam in die umgebende Atmosphäre, wo es, wie oben bemerkt, sich lange schwebend erhält und selten zur Oberfläche zurückkehrt.

So muß der Planet mit zunehmendem Alter immer mehr das Aussehen und den Charakter der Wüste annehmen. Deshalb zeigt auch der größere Teil seiner Oberfläche im Fernrohr jene wundervolle rosiggelbe oder ockergelbe Färbung, welche die Wüste verrät. Wüstenboden ist es, der den Planeten wie ein furchtbarer, Leben einengender Gürtel umspannt, stellenweise fast von Pol zu Pol reicht und sicher in ständiger Zunahme begriffen ist. Fünf Achtel des Mars sind schon jetzt als Wüste zu betrachten, auf die mangels einer schirmenden Wolkendecke das grelle Sonnenlicht erbarmungslos herniederbrennt.

So waren die Marsbewohner schon seit langer Zeit gezwungen, den einsinkenden Wassern grabend nachzugehen. Langsam entstanden tiefe und immer tiefere Gräben, die Anfänge der heutigen Mars-

*) Mars as the Abode of Life, Illust. 8°. New-York. The Macmillan Company.

kanäle. Diese mögen die jetzige Ausdehnung erst mit der immer schwierigeren Erreichung des Wassers und der wachsenden Vervollkommnung der Technik erlangt haben, wie ja auch bei uns auf Erden die Großleistungen der Technik auf kleine unscheinbare Anfänge zurückgehen.

Und das Ende dieses Kampfes um das lebenerhaltende Naß? Nach Lowells Ansicht muß der Kampf zum Untergange führen, für eine nach astronomischem Maßstabe nicht allzu entfernte Zeit steht die völlige Verödung des Mars bevor. „Unseren Nachkommen," schreibt er, „wird der Mars nicht mehr dieser Gegenstand lebhaften Interesses und Studiums sein. Für uns hat seine Beobachtung einen besonderen Reiz dadurch, daß wir das Schauspiel des Unterganges von fern verfolgen können. Denn der Austrocknungsprozeß, der den Planeten in das gegenwärtige Stadium gebracht hat, muß endlich das Erlöschen des letzten Fünkchens Leben auf dem Mars herbeiführen. Ist der letzte Atem verhaucht, der letzte Lebensquell versiegt, so rollt wieder eine tote Welt durch den unendlichen Raum, ein Planetengeschick ist vollendet."

Von besonderem Interesse wird die Betrachtung des Mars für uns dadurch, daß hier möglicherweise das künftige Geschick unserer Erde uns vorgespielt werden könnte. Diese Frage: Mars — das Zukunftsbild der Erde? versucht Dr. Th. Arldt durch Betrachtung der vergangenen und gegenwärtigen geologischen Verhältnisse zu beantworten.*) Er weist darauf hin, daß es durchaus nicht den Anschein habe, als ob eine fortdauernde bedrohliche Austrocknung der Erde vor sich gehe. Wenn auch da, wo wir heute Wüsten sehen, ehemals wasserreiche Landschaften vorherrschten, so gab es anderseits nach Ausweis der Geologie während der Triaszeit, des Devons und anderer Perioden Wüsten in Erdbreiten, die heute reich bewässert sind. Der allmählichen Verschluckung des Oberflächenwassers durch die Erdrinde arbeitet die Tätigkeit der Vulkane entgegen, bei deren Ausbrüchen gewaltige Mengen „juvenilen" Wassers freiwerden, Mengen, die noch nicht dem oberirdischen Wasserkreislauf und dem Ozean angehört haben, sondern im Erdinnern gebunden ruhten (s. Jahrb. II, S. 96). Wir können also annehmen, daß im ganzen das positive und das negative Element einander die Wage halten. Sollte letzteres einmal überwiegend werden, so wäre ein dereinstiges völliges Verschwinden des Wassers von der Oberfläche allerdings möglich, wenn auch nicht unbedingt gewiß. Anderseits zeigt sich aber auch, daß es in der Geschichte der Erde Zeiten gegeben haben kann und wahrscheinlich auch gegeben hat, in denen sie dem gegenwärtigen Mars in bezug auf ihre Wassermenge ähnlicher war als gegenwärtig. Der Mars repräsentiert hier also vielleicht ebenso ein Bild vergangener Zeit wie der Zukunft.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch in bezug auf das Relief der Oberfläche. Den auffaltenden Kräften, welche die ragenden Kettengebirge bilden, wirken andere entgegen, welche die von den ersteren geschaffenen Unebenheiten wieder zu beseitigen suchen, in erster Linie die mechanisch oder chemisch wirksamen Kräfte des Wassers und Eises, daneben die Wirkungen der bewegten Luft. Von dem Verhältnis dieser beiden Kräftegruppen hängt die zukünftige Entwicklung des Erdreliefs ab. Eine rasche Abnahme der Wassermenge auf der Erdoberfläche ohne gleichzeitigen Stillstand der vulkanischen Tätigkeit müßte ein Relief schaffen, das dem des Mondes weit ähnlicher wäre als dem des Mars. Wenn dagegen die vulkanischen Kräfte erlöschen, bevor das Wasser ganz verschwunden ist, so müßte allerdings eine völlige Einebnung der Höhen eintreten. Welche von diesen beiden Annahmen richtig ist, läßt sich nicht entscheiden, da wir, wie schon gesagt, nicht einmal feststellen können, ob die oberflächliche Wassermenge der Erde sich in Zu- oder Abnahme befindet. Solange die Erde noch in der Abkühlung begriffen ist, werden die für das Erdrelief ausschlaggebenden gebirgsbildenden Vorgänge nicht zum Stillstand kommen. Dies genügt, um zu beweisen, daß auch in bezug auf sein Relief der Mars nicht schlechthin „das" Zukunftsbild der Erde genannt werden kann.

Dr. Arldt sucht aus den Tatsachen der Erdgeschichte nachzuweisen, daß infolge eines schwächeren Wirkens der Kräfte des Erdinnern das Relief der Erde sich dem des Mars mehrfach schon stärker angenähert habe als gegenwärtig. „Ehe eine neue Gebirgsbildungsperiode einsetzte, waren regelmäßig die Gebilde der vorhergehenden vollständig verschwunden, wie wir dies an vielen Profilen erkennen können, am schönsten und ausgedehntesten wohl in der Schichtenfolge des Colorado-Cañons. Hieraus ergibt sich aber, daß wir uns die Kontinente der Jura- und der Kreidezeit, vielleicht auch schon der Trias, ihrer Bodengestaltung nach ähnlich vorstellen können, wie wir den Mars vor uns sehen. Weite Ebenen herrschten in ihnen vor, große Gebirgszüge fehlten ganz oder doch wenigstens fast ganz."

Wir sollten also nach alledem im Mars weniger ein Zukunftsbild der Erde sehen als vielmehr das Bild eines Planeten, der sich in einer Periode verhältnismäßiger innerer Ruhe befindet, so daß die einebnenden Kräfte, die von außen her an den Planeten herantreten, das Übergewicht erlangten. Auch auf dem Mars brauchen die Kräfte des Innern noch nicht erloschen zu sein, auch auf ihm könnte wieder eine Zeit der Gebirgsbildung einsetzen. Die Entwicklung seines Reliefs könnte recht gut eine ähnliche Periodizität aufweisen, wie wir sie bei der Erde festgestellt haben. Der Mars scheint dabei der Erde in der Art voraus, daß, wenn letztere in bewegtem Zustand ist, auf ihm der Zustand der Ruhe herrscht und umgekehrt. So wäre das Studium der jetzigen Zustände der Marsoberfläche wahrscheinlich sehr wichtig für die Erkenntnis, wie sich die organische Natur auf der Erde entwickelt, vor allem ausgebreitet hat; denn auf einem Planeten von der Beschaffenheit des Mars müßte die Verbreitung von Faunen und Floren natürlich eine ganz andere, eine viel weniger beschränkte sein, als bei dem gegenwärtigen Zustand der Erde.

*) Gaea, 45. Jahrg. (1909), Heft 5.

Die Hoffnung, die Beschaffenheit des Mars im gegenwärtigen Stadium großer Erdannäherung genauer als bisher kennen zu lernen, scheint sich nur in sehr beschränktem Maße erfüllt zu haben. Die Beobachtungen, visuelle wie photographische, widersprechen sich größtenteils so sehr, daß wir mit ihrer Hilfe nicht weiter als bisher kommen. So ist z. B. ein von vielen Beobachtern um den Polarfleck gesehener dunkler Saum, angebliches Schmelzwasser, auf Lowells Marsphotographien



Ein Mondmeer (Mare Imbrium).

nicht vorhanden und von letzterem deshalb für eine auf Kontrastwirkung beruhende Täuschung erklärt worden. R. Jonckheere vom Observatorium Hem, der das bestreitet, hat neuerdings sieben wahrscheinlich neue Kanäle und ein neues Land auf dem Mars entdeckt.*)

Dagegen hat E. W. Maunder, der Leiter des Greenwich-Observatoriums, kürzlich in einer Sitzung der englischen Astronomischen Gesellschaft erklärt, daß auf dem Mars Kanäle nicht existieren, und daß sie auf den neuen Marsphotogrammen, die Prof. Hale auf dem Mount Wilson mittels seines sechzigzölligen Teleskops gewonnen hat, nicht auftreten. Die Kanäle wären demnach optische Täuschungen, und wenn ihre Erscheinung der einzige Grund für die Annahme der Marsbewohner ist, so existieren auch diese nicht.

Planeten und Monde.

Die noch vielfach rätselhaften Erscheinungen auf den Oberflächen der größeren Mitglieder unseres Sonnensystems haben wieder eine Anzahl Untersuchungen hervorgerufen, deren Ergebnisse zum Teil ebenso neu wie interessant sind. Beginnen wir, der nächsten Verwandtschaft den Vortritt lassend, mit unserem Erdmonde.

In einer Arbeit „Beitrag zur Physik der Mondoberfläche" unternimmt Herm. Ebert**) es, die wahre Natur der als Mondmeere bezeichneten Oberflächengebilde festzustellen. Daß es sich bei ihnen nicht um wasserbedeckte Stellen handelt, weiß man freilich; sonst aber bieten sie manches schwer Erklärliche. Während bei niedriger Beleuchtung, also in der Nähe der Lichtgrenze, selbst geringe Erhebungen (Bergadern, Berge, Ringgebirge) und Vertiefungen (Rillen, Kratergruben und Kraterlöcher) sich durch ihren Schattenwurf deutlich markieren, treten bei höherer Beleuchtung in den „Meeren" zahlreiche helle Flecke und Strahlen auf, denen nichts im Relief entspricht. Gleichzeitig verschwinden die wahren Erhebungen bis zur Unkenntlichkeit in diesem Gewirr von hellen und dunklen Partien. Um dies zu erklären, hat man an helldurchscheinende, glasähnliche Oberflächenmaterialien oder auch wohl an Eisbedeckungen gedacht; bei diesen erscheinen ja auch die Risse, Spalten und Schlagspuren als helle Streifen und Flecken.

Um diese Ansicht zu prüfen, wurde ein größerer, 200 Kilogramm schwerer Glasblock, der an der Oberfläche vielfach zersplittert und verwittert, sowie künstlich mit Glasstaub bedeckt war, bei den verschiedensten Beleuchtungsverhältnissen photographiert und in bezug auf seine lichtreflektierenden Eigenschaften näher untersucht. Hiebei stellten sich in der Tat bemerkenswerte Ähnlichkeiten mit dem Verhalten der dunklen Mondmeerflächen heraus. Auch bei dem Glasblock zeigte sich, nur infolge der Beleuchtung unter verschiedenen Winkeln, ein großer Unterschied in dem Aussehen der Oberfläche. Man neigte früher zu der Annahme, es sei auf diesen Flächen, die auf der uns zugewandten Mondseite etwa ein Drittel bedecken, eine Eisschicht vorhanden, es seien also „zugefrorene Meere" da; andere sehen in den Marebecken noch heute „ausgetrocknete Meere" mit ihren Schlammabsätzen, eine Ansicht, die Dr. M. W. Meyer in seiner kürzlich erschienenen Mondmonographie**) mit der Eishypothese verbunden hat. Nach Schilderung der meteorologischen Verhältnisse auf dem Monde, die das Vorkommen von Eis wohl möglich erscheinen lassen, fährt er fort:

„Auch die eigentümliche Gestalt der Mareebenen wird uns durch diese Annahme klar. Wir können uns vorstellen, daß das vordem auch über die höheren Gebiete der Mondoberfläche weit verbreitete Eis schmelzend in die Tiefebenen niederging, erfüllt mit Geröll, dem unserer Endmoränen ähnlich. Unter dieses Geröll versank das in der Mittagsglut freiwerdende Wasser und sickerte in die tieferen Schichten der Mondkruste. So entstand ein ebener, mit Geröll und Felsbrocken übersäter

*) Astron. Nachr., Nr. 4358, 4363, 4376.

*) Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der K. B. Akad. der Wissensch. zu München. XXXVIII, Heft 2.

**) Der Mond. Kosmos, Gesellsch. der Naturfreunde, Stuttgart. 1909.

Boden, so wie die Mareebenen sich in der Tat darstellen. Dieses „Schuttmeer", wie man es bezeichnen könnte, überflutete die Reliefgestaltungen der ursprünglichen Mondoberfläche, so daß nur noch die einstmals höchsten Ringgebirge vielfach allein noch mit ihren bedeutendsten Erhebungen über den Schutt und den verhärteten hellen Schlamm hervorragen."

Wenn man indessen, sagt H. Ebert, die in Rede stehenden Mondregionen einem eingehenden Studium unterzieht und namentlich auch das Material der photographischen Aufnahmen vergleichend zusammenstellt, so wird man immer mehr zu der Vorstellung gedrängt, daß man in den Marebildungen des Mondes wohl „Überflutungserscheinungen" vor sich hat, aber nicht von Wasser, sondern von glutflüssigen, aus dem Innern hervorgedrungenen, leicht flüssigen, aber schnell erstarrten Magma- oder Lavamassen. Denn ringsum haben diese Massen an den Grenzen ihres Vordringens deutliche Spuren des „Abschmelzens" der Mareränder hinterlassen. Diese Ränder tragen vielfach deutliche Hinweise darauf, daß hier frühere Ringgebirge an- und teilweise oder fast vollkommen eingeschmolzen sind. Dadurch bedingte „Ringgebirgsruinen" finden sich in ganz typischer Form am Rande des Mare Crisium und bei anderen Meeren.

Wenn wir die Geschichte des Mondes rückwärts verfolgen, finden wir auch Andeutungen für die Ursache des Hervorquellens dieser Magmamassen. Wenn der Mond jemals eine relative Achsendrehung gegenüber der Erde hatte, so waren seine schmelzflüssigen Innenmassen starken Gezeitenwirkungen unterworfen, deren Gesamthub im umgekehrten Verhältnisse der dritten Potenz zu dem ehemals geringeren Mondabstande gesteigert war. In der Äquatorgegend müssen wir also ein Gebiet großartiger Zertrümmerungen und Überflutungen durch magmatische Massen in weit zurückliegenden Epochen der Mondentwicklung annehmen. In der Tat hat ja neuerdings Franz gezeigt, daß der „Maregürtel" nahezu einem größten Kreise folgt (s. Jahrb. VI, S. 39). Daß dieser nicht mit dem heutigen Mondäquator zusammenfällt, kann sehr wohl aus einer allmählichen und späteren Achsenverlegung des Mondkörpers erklärt werden, von der George Darwin gezeigt hat, daß sie als eine Folge von „Gezeitenreibung" anzusehen ist.

Verhältnismäßig rasch müssen die an die Oberfläche gedrängten Lavamassen erstarrt sein. Die leichtesten, der Oberfläche des alternden Mondes zunächst liegenden werden wie unsere Pechsteine, Obsidiane und Vitrophyre infolge der raschen Erstarrung glasartige Erstarrungsprodukte geliefert haben, wofür sich ein Beweis mittels des Spektroskops leider nicht erbringen läßt. Dagegen scheinen die mit Hilfe des Cornuschen Photopolarimeters erlangten Zahlen die Hypothese einer „Eisbedeckung" der Meere auszuschließen und definitiv auf die natürlichen Gläser, etwa die glas- oder pechsteinartig rasch erstarrten sauren und leichten Sanidin-Eruptivgesteine hinzuweisen.

Gehen wir nun die Reihe der Planeten vom sonnennächsten an durch, so ist zunächst zu sagen, daß von dem hypothetischen intramerkuriellen Planeten auch gelegentlich der Sonnenfinsternis vom 3. Januar 1908 nichts entdeckt werden konnte*), obwohl acht Kameras die Gegend westlich und östlich der Sonne bis zu 12° Abstand von dieser aufnahmen. Die Belichtung dauerte drei Minuten. Unter den rund 300 Sternen, welche die Platten aufweisen, befinden sich viele 8. bis 9. Größe, die aber sämtlich mit bekannten Sternen identifiziert werden konnten. Ein Planet 11. Größe wurde nicht abgebildet. Dr. Perrine betont, daß so ein Planet kaum 20 bis 30 engl. Meilen im Durchmesser überschreiten würde und daß es etwa einer Million solcher Körperchen bedürfen würde, um die Merkursstörungen, die man mit ihrer Hilfe erklären will, zu bewirken.

Die Atmosphäre und Rotation des Planeten Venus wird von C. Schoy**) einer erneuten Untersuchung unterzogen. Er zeigt, daß, entgegen einer neuerdings von Dr. Machary vertretenen Ansicht, der Planet eine sehr dichte Atmosphäre, die Ursache seines intensiven Glanzes, haben müsse. Dafür spricht auch die Wahrnehmung, daß Venus, als Sichel erscheinend wie der Mond in gewissen Phasen, an dem der Sonne ferneren Rande erleuchtet ist, so daß sie sich als vollständige, von einem feinen Lichtsaume umgebene Scheibe zeigt. Dieses Phänomen besagt nichts anderes, als daß der Atmosphärengürtel im Sonnenlichte dämmert. Sollte die mit Kondensationsprodukten dicht erfüllte Luft des Planeten der Sonne auch nur selten gestatten, den festen Kern zu erreichen, so wird doch die starke Erwärmung der Wolken und höheren Luftschichten mächtige vertikale Strömungen mit vielleicht gewaltigen elektrischen Entladungen, Tornados und Zyklonen erzeugen, die man hinter dem gleichmäßigen erhabenen Glanze des schönen Gestirns gar nicht vermutet. Aus dem Vorhandensein dieser Atmosphäre ergibt sich ferner, daß Venus noch selbständig rotiert, entgegen der Annahme Schiaparellis, und zwar in einer Zeit, die nicht hinreicht, daß die in Schatten getauchte Seite sich auf enorme Kältegrade abkühlen kann.

Eine neue Erklärung der Streifen und Flecken der Planeten Jupiter und Saturn gibt J. Corbu.***) Die Veränderlichkeit der Oberflächengebilde dieser Planeten ist nur dadurch zu erklären, daß die meisten von ihnen nicht einer festen Oberfläche angehören. Nur einzelne Details sind verhältnismäßig zu beständig, monate-, ja sogar jahrelang andauernd, als daß sie nur atmosphärischer Natur sein könnten. Aber auch die Annahme, daß die veränderlichen Gestaltungen wolkenähnliche Gebilde, die beständigeren aber schlackenartige Abkühlungsprodukte der glühendflüssigen Oberfläche seien, scheint nicht ausreichend; denn dann müßten die letzteren doch wohl zeitweise durch die dampfähnlichen Bildungen bedeckt werden. Der rote Fleck des Jupiter z. B. war einerseits jahrelang niemals bedeckt, kann aber anderseits wegen seiner jahrelangen Beständigkeit nicht für ein in der Atmosphäre des Planeten schwebendes Gebilde gehalten

*) Bulletin des Lick Observatory, Nr. 152.
**) Gaea, 45. Jahrg. (1909), Heft 4.
***) Astron. Nachr., Nr. 4292.

werden. Wenn die Gase schon auf dem dichten Planeten Venus eine ununterbrochene, zusammenhängende Hülle bilden, so muß das um so mehr für Jupiter und Saturn, die noch eine hohe Temperatur besitzen, gelten. Warum aber sind auf diesen Planeten die Flecken verhältnismäßig so beständig und bestimmt, während sie auf Venus so schwach und von kurzer Dauer sind?

Eine ausreichende Erklärung sieht Corbu in der Annahme, daß die Planeten Jupiter und Saturn noch einen glühendflüssigen, selbstleuchtenden Kern besitzen, der von einer mächtigen Hülle dichter, halbdurchsichtiger Gase umgeben ist. In dieser Hülle befinden sich auch solche Elemente in dampfförmigem Zustande, die auf der Erde nur flüssig oder fest vorkommen und das eigene Licht mit Ausnahme der weniger brechbaren Strahlen absorbieren. Die beständigeren Gebilde wären dann schlackenartige Abkühlungsprodukte auf der glühendflüssigen Planetenoberfläche; sie würden ihre Schatten oder ihr schwächeres Licht auf die Gashülle projizieren, so daß wir an der Außenfläche dieser Hülle nur den Schatten, das Bild dieser Schlacken, sehen.

Für diese Erklärung ist sehr wenig eigenes Licht der Planeten genügend. Innerhalb einer halbdurchsichtigen Kugel (etwa eines Papierlampions) genügt schon ein Fünkchen, um die Kugel zu erleuchten und den Schatten eines dunklen, hineingeführten Gegenstandes an der Kugeloberfläche sichtbar zu machen, selbst dann, wenn von außen ein stärkeres Licht auf die Kugel fällt. Die spektroskopische Untersuchung schließt die Existenz eines eigenen Lichtes bei diesen Planeten nicht aus; die Streifen im Rot könnten von diesem Eigenlicht herrühren und, nicht von der Sonne beschienen, würden Jupiter und Saturn mit einem äußerst schwachen mattroten Lichte leuchten.

Daß Jupiter Eigenlicht besitzt, wird auch von W. Krebs*) auf Grund einer Untersuchung über das Stärkeverhältnis des Scheines von Jupiter und Mars angenommen. Mehrere Beobachtungen des Jupiter, besonders in der Epoche hocherregter Sonnentätigkeit während der letzten Januar- und ersten Februarwoche 1909, ließen die in solchen Epochen bei ihm schon häufig gesehene Lichtzone im Äquatorgebiet wieder sehr deutlich hervortreten. Aus reflektiertem Sonnenlicht allein läßt sich die Lichtstärke der äußeren Planeten kaum erklären, eine vulkanistische Erklärung dieser Erscheinung liegt näher. Jupiter in Erdnähe kommt an Helligkeit ungefähr dem Mars in Erdnähe gleich. Diese Erdnähen verhalten sich aber wie 662 zu 58, die Wirksamkeit des Jupiterscheines auf die Erde zu der des Marsscheines verhält sich wie 58^2 zu 662^2, so daß also der Marsschein auf die Erde 130mal stärker wirkt als der Jupiterschein.

Von der Sonne ist Jupiter 777, Mars 228 Millionen Kilometer entfernt. Jupiter wird demnach $^1/_{11}$ so kräftig beschienen wie Mars. Sein Querschnitt ist aber rund 450mal so groß als der des Mars und er sendet deshalb in gleichem Zeitraum 41mal so viel reflektiertes Sonnenlicht der Erde zu, trotz jener schwächeren Bescheinung.

Würde Jupiter, bei gleichem Reflexionsvermögen, kein eigenes Licht, sondern nur zurückgeworfenes Sonnenlicht entsenden, so müßte er uns 41 : 130, also rund nur ein Drittel der Helligkeit des Mars zu besitzen scheinen. Da in Erdnähe beide Planeten jedoch an Helligkeit wetteifern, so muß Jupiter entweder das Sonnenlicht dreimal so stark zurückwerfen als Mars, oder er muß ein Eigenlicht von dreifacher Helligkeit verbreiten. Letztere Annahme erscheint einfacher und besser vereinbar mit anderen Beobachtungen.

Die Jupitertrabanten sind während der letzten Opposition des Planeten (1907—1908) von J. C. Solá*) fortgesetzt beobachtet worden (unter Vergrößerungen von 550 bis 750). Der erste Trabant erschien wie immer mit verbreiterter Scheibe, indem die Abplattung durchschnittlich ein Fünftel betrug. Die Richtung der Verbreiterung fiel im allgemeinen nicht mit der Richtung der Jupiterstreifen zusammen. Der zweite Trabant zeigte sich stets völlig rund und ohne Einzelheiten. Beim dritten war die weiße nördliche Polarkappe fast immer sichtbar, wenn auch meist nicht so deutlich wie während der vorhergehenden Periode 1906—1907. Eine Südpolkappe war in Wirklichkeit nicht sichtbar, doch sah man bisweilen diese Gegend ziemlich hell oder weißlich. Die Stellung der Nordkappe schien dem Planetenrande mehr genähert als 1906—1907 und ein durch das Zentrum dieser Kalotte gezogener Durchmesser stand zur Richtung der Jupiterbanden senkrecht. Die immer sehr schwer sichtbaren Flecken machten den Eindruck eines äquatorialen Gürtelbandes. Auf dem vierten Trabanten war selten etwas Sicheres zu sehen. Auf dem Titan zeigten sich am 13. August 1907 bei starker Vergrößerung (750) nach der Mitte zu zwei runde, weißliche Flecken, die den Eindruck eines verwaschenen Doppelsternes machten.

Wie der unauffindbare intramerkuriale, will auch der vermutete transneptunische Planet nicht zur Ruhe kommen. Die astronomischen Grundlagen, mittels derer er „errechnet" wird, erweisen sich meist als unhaltbar oder trügerisch. Das scheint jedoch nicht für das verhältnismäßig einfache zeichnende Verfahren zu gelten, das W. H. Pickering zur Ermittlung seiner Stellung angewandt hat.**) Durch Aufzeichnen der Fehler der Uranustheorie, aus denen einst Leverrier den Neptun errechnet hat, bekam Pickering eine Kurve mit einer starken positiven und unmittelbar sich anschließenden negativen Ausbiegung. Ähnliche Ausbiegungen zeigte die Fehlerkurve der alten, ohne Rücksicht auf die Neptunstörungen berechneten Ephemeride des Saturn. Indem nun in entsprechender Weise die Fehler in Leverriers Uranustafeln, in denen die Wirkung des Neptun berücksichtigt ist, graphisch aus den Jahren 1750 bis 1906 dargestellt werden, zeigen sich darin Spuren ähnlicher Wellen von freilich nur geringem Betrage und etwas Ähnliches läßt sich auch aus der Fehlerkurve der Hillschen Saturnberechnung herauslesen. Pickering will

*) Das Weltall, IX (1909), Heft 11.

*) Astron. Nachr., Nr. 4290.
**) Naturw. Rundsch. XXIV, Nr. 22 und 23.

daher die Existenz eines transneptunischen Planeten auch nur als möglich hinstellen; seine Masse würde etwa das Doppelte der Masse der Erde betragen, seine Helligkeit 12. bis 14. Größe sein. Sein Ort wäre anfangs 1900 106° Länge gewesen, seine Umlaufszeit wäre 373 Jahre. Da der Planet erst 1910 vom Neptun überholt wurde, konnte die Neptunbewegung bisher noch keine Störung verraten. Ein günstiger Erfolg der von Prof. Pickering empfohlenen Nachsuchungen wird wohl nur vom Zufall zu erhoffen sein.

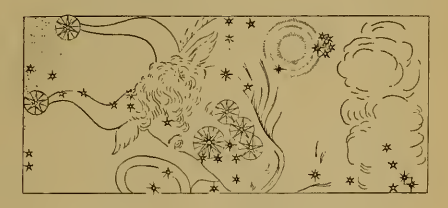
Mit diesen problematischen Betrachtungen sind wir an den Grenzen unseres Sonnensystems angelangt, wo nur noch licht- und gestaltlose Wesen, wie die Kometen und ähnliche Nebelmassen, umgehen. Ihnen wenden wir uns im nächsten Abschnitte zu.

Kometen.

Unter den Kometen, deren Durchreise zu erwarten steht oder die unvermutet im Bereiche des Sonnensystems auftauchen, sind es besonders zwei, welche die Aufmerksamkeit der Astronomen gegenwärtig erregen: der uralte Halleysche Komet und der zum erstenmal bei uns erscheinende Komet 1908 c, nach seinem Entdecker auch der Komet Morehouse genannt.

Der Halleysche Komet gehört zu den periodischen, deren Wiederkehr in bestimmten Zeiträumen zu erwarten ist. Obwohl die Vorausberechnungen des Laufes anderer Himmelskörper, besonders der Mitglieder des Sonnensystems, sonst nach Tag und Stunde genau einzutreten pflegen, taucht bei einem periodischen Kometen jedesmal wieder die Frage auf, ob die Berechnung sich auch für dieses Mal als richtig erweisen werde. Das Mißtrauen der Astronomen hat seinen Grund: mehrfach schon sind Kometen, nachdem sie wiederholt und richtig am berechneten Orte erschienen waren, später ausgeblieben. Der Komet Biela, der 1772, 1805/06, 1826, 1832, 1846 und 1852 beobachtet war, ist seitdem verschwunden und hat sich höchstwahrscheinlich in einen langgezogenen Meteoritenschwarm, die sogenannten Bieliden, aufgelöst. Von dem 1846, 1857, 1868, 1873 und 1879 beobachteten Brorsenschen Kometen weiß man nicht, ob er sich gleichfalls aufgelöst hat, oder durch eine unbekannte Ursache in eine andere Bahn gelenkt worden ist. Im Jahre 1908 hat der schon in 39 Periheldurchgängen beobachtete Enckesche Komet den Astronomen ein neues Rätsel aufgegeben, nämlich die Frage: Waren der im Januar von Wolf in Heidelberg und der im Mai und Juni zu Kapstadt photographierte Komet identisch mit dem erwarteten Enckeschen, oder waren es nur Teile desselben, und woher kommt die große Abweichung der berechneten von der beobachteten Stellung vor und nach dem Punkte der Sonnennähe, dem Perihel?

Prof. A. Berberich gibt an der Hand einer Arbeit zweier englischer Astronomen, Cowell und Crommelin, einen interessanten Abriß der Geschichte des Halleyschen Kometen.*) Es ist den beiden genannten Forschern gelungen, dieses Gestirn, dessen voriger Erscheinung im Jahre 1835/36 sich wohl nur noch sehr wenige Lebende erinnern werden, bis weit ins Altertum zurückzuverfolgen. Ihre Berechnungstheorie führt auf den im Jahre 239 v. Chr. in China beobachteten Kometen als älteste Erscheinung des Halley. Man sah den Kometen im Frühjahr morgens im Osten, sah ihn dann im Mai und Juni durch Norden nach der Westseite der Sonne laufen, wo er 16 Tage lang wahrzunehmen war. Ein solcher Lauf paßt sehr schön in die Bahn des Halleyschen Kometen, der rückläufig zwischen Sonne und Erde nördlich von der Ekliptik hindurchging und sein Perihel am 15. Mai passierte. Von der nächsten Wiederkehr fehlen historische Nachrichten, dagegen ist er wahrscheinlich im August 87 v. Chr., zur Zeit als er fällig gewesen wäre, in China und Italien auch gesehen worden. Ganz bestimmt läßt sich in dem 12 v. Chr. erschienenen Kometen der Halleysche wiedererkennen. Er war nach chinesischen Berichten Ende August in den Zwillingen aufgetaucht, dann durch den Löwen und die Jungfrau rasch zum Bootes,



Schweifloser Komet von 684 (Halley?) in den Plejaden.

Ophiuchus und zur Hydra gelaufen und nach einer Sichtbarkeit von acht Wochen im Skorpion unter den Horizont gesunken. Das Perihel fiel auf den 8. Oktober.

Zunächst wurde der Komet ferner im Jahre 66 n. Chr. in China im Februar und März im Schützen und Skorpion gesehen, nach dem Datum seines Perihels. Ebenfalls eine Frühjahrserscheinung (Perihel 25. März) war die folgende vom Jahre 141, wo er vom Pegasus durch die Andromeda, die Plejaden und Zwillinge bis zum Löwen lief. Über die Erscheinung von 218 ist wenig bekannt. Sie verlief ähnlich wie die vorige und die folgende von 295 (Perihel 7. April), wo der Komet im Mai durch den Großen Bären, Pegasus und Perseus zog. Das nächstemal sollte der Halleysche Komet seine Sonnennähe am 7. November 373 passieren. Die chinesischen Berichte melden aus dieser Periode von drei Kometen, deren einer wahrscheinlich der Halleysche war. Gut verbürgt ist die in Europa und China beobachtete Erscheinung im Jahre 451 mit dem 3. Juli als Perihеltag.

Der folgende, am 15. November 530 beendete Umlauf ist der längste bisher beobachtete; mit seiner Dauer von 79 Jahren 4½ Monaten übertrifft er die ebenfalls ungewöhnlich langen Perioden 1066 bis 1145 und 1222 bis 1301 noch um drei Monate. Die folgenden Erscheinungen des Kometen sind sämtlich geschichtlich festzustellen bis auf die des

*) Naturw. Rundsch., XXIV (1909), Nr. 1.

Jahres 912 (Perihel 20. Juli); sie ist die einzige, die sich aus den letzten zwei Jahrtausenden historisch überhaupt nicht nachweisen läßt.

Die Erscheinung im Jahre 1066 war eine der glänzendsten; der Komet war im April der Erde sehr nahe gekommen, weshalb ihn zahlreiche Chroniken und andere Berichte schildern oder erwähnen. Auf ihn dürften sich ferner ein paar Bilder der berühmten Stickerei von Bayeux beziehen, die eine bildliche Darstellung der wichtigsten Ereignisse der Eroberung Englands durch die Normannen unter Wilhelm dem Eroberer gibt. Die nächsten Erscheinungen des Halley erfolgten 1145 und 1222. Dann verstrichen 79¼ Jahre bis zur Wiederkehr im Jahre 1301, wo der Komet vom 16. September bis 31. Oktober in Sicht blieb. Die nun folgenden Erscheinungen, die von 1378, die glanzvolle von 1456, für die der Florentiner Toscanelli schon sehr sorgfältige, zur Bahnberechnung taugliche Ortsbestimmungen machte, von 1531, 1607, 1682, 1759 und 1835, sind in allen größeren astronomischen Werken ausreichend geschildert. Die berechnete Perihelzeit stimmt im jetzigen Jahrtausend mit der beobachteten stets auf wenige Tage überein; das ist in rechnerischer Hinsicht von guter Vorbedeutung für die Vorherbestimmung des kommenden Periheldurchganges, der demnach auf den 8. April 1910 fallen sollte.

Spiegelteleskop der Heidelberger Sternwarte, mit dem der Halleysche Komet gesichtet wurde.

Das physische Verhalten des Kometen in der Vergangenheit gab keinen Anlaß, an der Wiederauffindung zu zweifeln. Wenn er auch nicht zu den größten Kometen gehört, so ist er doch seit 1000 Jahren in keiner Erscheinung unbemerkt geblieben und einige Male, wie 1066 und 1456, hat er sogar infolge seiner Helligkeit und großen Schweiflänge gewaltiges Aufsehen erregt. Auch eine Licht- oder Größenabnahme scheint trotz offenbaren Stoffverlustes nicht eingetreten zu sein. Berücksichtigt man die größere Leistungsfähigkeit der astronomischen Werkzeuge einschließlich der für das Entdecken lichtschwacher Objekte so wichtigen Photographie, so durfte man erwarten, daß der Halleysche Komet in viel größerem Sonnenabstand als 1835 aufgefunden werden würde. Schon Anfang 1909 mußte er heller als 18. Größe und somit photographisch nachweisbar sein; aber erst am 11. September des Jahres wurde er auf photographischem Wege wieder aufgefunden, und zwar durch Prof. Max Wolf in Heidelberg. Der Komet tritt auf der Platte nur sehr schwach zu Tage, trotz einstündiger Expositionszeit nur wie ein Fixstern 16. Größe. Durch eine zweite, in derselben Nacht eine Stunde später gemachte Aufnahme ließ sich infolge der Bewegung des Fleckes gegen die Nachbarsterne mit Sicherheit feststellen, daß das photographische Objekt der Halleysche Komet war. Während er 1835 erst drei Monate vor seiner Sonnennähe gesehen wurde, ist er diesmal also 7½ Monate vorher aufgefunden worden. Ende November 1909 war der Komet in Opposition zur Sonne, ging also um Mitternacht durch den Südmeridian und blieb die ganze Nacht hindurch sichtbar, allerdings noch recht schwach, da er 350 Millionen Kilometer von der Sonne und 200 Millionen Kilometer von der Erde entfernt war. Vom Januar 1910 bis zum April wandert er durch das Sternbild der Fische. Dann laufen Komet und Erde fast direkt aufeinander zu und wenn der Periheltag wirklich der 8. April ist, so gehen sie am 11. Mai mit großer Geschwindigkeit nur 10 Millionen Kilometer entfernt aneinander vorbei. Während der glänzende Komet am 10. Mai noch an der Grenze der Sternbilder Fische und Walfisch steht, ist er zwei Tage später schon mitten im Orion und am 14. Mai in der Nähe des Prokyon; von hier zieht er nach dem Sternbilde Sextant, in dem er im Juli zum Stillstand gelangt. Natürlich ist der Weg des Kometen durch diese Sternbilder nur ein scheinbarer, er projiziert sich auf ihnen, während er sich in Wirklichkeit innerhalb unseres

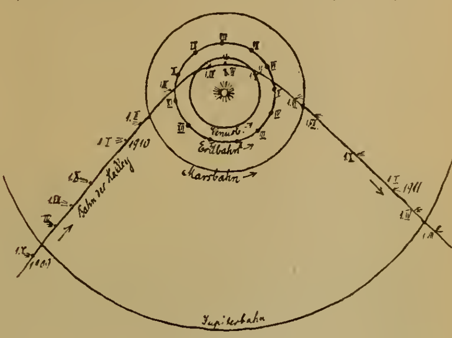
Sonnensystems bewegt. Der Lauf zur Zeit der Erdnähe hängt aber ganz vom Datum des Perihels ab, das sich infolge nicht ganz genauer Berechnung um eine oder höchstens zwei Wochen verschieben könnte. Schon eine Änderung um eine Woche würde den Kometen in ganz andere Sternbilder projizieren und einen ganz anderen Helligkeitsgang bewirken. Da fast genau zur Zeit der größten Erdnähe, am 8. Mai 1910, eine besonders in Australien (Tasmania) und Neuguinea gut sichtbare totale Sonnenfinsternis stattfindet, so wird sich die Möglichkeit darbieten, den Halleyschen Kometen am Tage zu sehen.

Die bedeutende Erdnähe eines so großen Kometen wird wahrscheinlich auch günstige Gelegenheit bieten, den wahren Durchmesser eines Kometenkerns wenigstens in gewissen Grenzen zu bestimmen. Unmöglich kann ein Himmelskörper über 2000 Jahre lang in jedem Jahrhundert ein- oder zweimal auf seiner Bahn zur Sonnennähe gelangen und dabei jedesmal infolge der Schweifausströmung eine gewiß nicht geringe Menge von Stoff verlieren, ohne daß ein fester Kern vorhanden ist. Ein Kern von 100 Kilometer Durchmesser, wie ihn manche Planetoiden haben, würde in der Erdnähe als eine Scheibe von über 1" Durchmesser erscheinen, vorausgesetzt, daß er durch den Kometennebel hindurch sichtbar wäre. Je dichter aber dieser Nebel ist, desto massiger müßte man sich den Kern denken, der noch im stande wäre, die Hülle durch seine Anziehung festzuhalten.

Gewissermaßen als Vorläufer des Halleyschen Kometen haben die zwei Kometen 1907 d (Daniel) und 1908 c (Morehouse) in ihrer Lichtentwicklung und in merkwürdigen Lichtschwankungen, in der Ausstrahlung rasch veränderlicher Schweife und in unerwarteten Eigentümlichkeiten ihrer Spektra auf die der Lösung harrenden Fragen hingewiesen. Wir dürfen deshalb an diesen beiden Gestalten, die für unser Sonnensystem wahrscheinlich nur Eintagsfliegen sind, nicht achtlos vorübergehen.

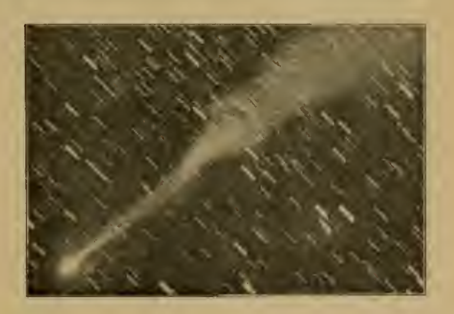
Vom Kometen 1907 d hat Dr. G. Horn*) in Catania auf mehr als fünfzig eigenen und fremden photographischen Aufnahmen die Schweifrichtung ausgemessen. Er kam zu dem Ergebnis, daß die Achse des dem Kern zunächst liegenden Schweifstückes regelmäßige periodische Schwingungen längs eines elliptischen Kegelmantels ausführte, und daß eine solche Periode 16 Stunden dauerte. Die Aufnahmen vom 10. Juli bis 27. August umfassen 73 solche Rotationen. Die Mittellage des Schweifes wich um 1° gegen Süden von der Bahnebene ab, die Schweifachse lag also auch im Durchschnitt aller ihrer Stellungen nicht genau in der Verlängerung des Leitstrahles der Bahn zur Sonne. Besonders auffällig waren in den photographischen Bildern auf gewöhnlichen Platten zahlreiche kurze helle Schweifstrahlen, die man direkt im Fernrohr nicht oder kaum erkennen konnte. Ihr Licht bestand offenbar großenteils aus violetten und ultravioletten Strahlenarten.

Der Schweif des Kometen 1908 c zeigt nach den Untersuchungen von Max Wolf*), die sich auf 147 Aufnahmen mit verschiedenen Instrumenten stützen, ganz eigentümliche wogenartige Erscheinungen, die auf den mit dem größten Instrument erhaltenen Platten ein wunderbares Wellensystem darstellen. Die Wellen darin bilden, bald sich durchdringend, bald voneinander fliehend, eine



Lauf des Kometen Halley von 1. Januar 1909 bis 1. Juli 1911.

Art Flechtwerk, das man am ehesten mit lockigem Frauenhaar vergleichen möchte. Die einzelnen Wogen laufen bald parallel, bald stehen in benachbarten Bändern Wellenberge und -täler in gleichem Abstande vom Kometenkopfe, so daß die Wogen rhythmisch gegeneinander prallen und ebenso sich voneinander entfernen. Die Wogenlänge wird im allgemeinen um so größer, je größer der Abstand vom Kopfe ist. Die absolute Länge dieser Wogen ist recht groß. Am 29. Oktober 1908 hatte


Der Komet Morehouse.

die kleinste eine Länge von etwa 169.000 Kilometer, die größte eine Länge von rund 3 Millionen Kilometern.

Lohnend ist der stereoskopische Anblick der Kometenbilder. Während beim Anblick des einfachen Bildes die Bänder des Schweifes, bisweilen gegen dreißig und mehr, ein fast unentwirrbares Chaos bilden, teilen sie sich im Stereoskop zu Gruppen in einfachem räumlichen Aufbau und gewähren einen

*) Naturw. Rundsch., XXIII, Nr. 22.

*) Astron. Nachr., Nr. 4297 und 4311; Photogramme in Circular Nr. 148 des Harvard College Observat. Astrophys. Journ., Januar 1909. Astron. Nachr., Nr. 4316.

so wunderbaren Anblick, daß man mit größter Freude in den räumlichen Aufbau des Gebildes hineinsieht. Da unterscheidet man z. B. auf den Bildern vom 29. Oktober hauptsächlich drei Strahlenbüschel, deren jedes angenähert in einer Ebene liegt und von denen das der mittelsten Fläche das lichtstärkste ist. Es besteht aus den hellsten der oben beschriebenen gewellten Bänder, von denen hier etwa zwölf schön nebeneinander in Reih' und Glied liegen. Die einzelnen Strahlen sind dünne Schrauben, deren Steigung und Ganghöhe mit wachsendem Abstand vom Kern zunimmt. Auf anderen Aufnahmen ist das Ganze zu einem matten Filz verwirrt, in dem schließlich fast jede



Albedo von Nebelmassen in den Berner Alpen.

Struktur verschwindet. Es entsteht eine gewundene Wolke.

Aus allen Beobachtungen ging mit Sicherheit hervor, daß die Schweifmaterie mit sehr rasch zunehmender Geschwindigkeit vom Kern wegflog und schon in 4—5 Millionen Kilometer Abstand von ihm eine Geschwindigkeit von 40 bis 50 Kilometern in der Sekunde erreichte. Weiter weg erfolgte die Geschwindigkeitszunahme nicht mehr so rasch. Auch beim Kometen 1908 c (Morehouse) zeigte das Schweiflicht eine photographisch sehr hohe Wirksamkeit, denn am 5. November konnte der infolge Mondscheines für das Auge völlig unsichtbare Schweif dennoch in einer Ausdehnung von 8 bis 9^0 photographiert werden.

Anfang November 1909 wurde der Komet Winnecke, dessen Umlaufszeit etwa $5^1/_2$ Jahre beträgt, in La Plata (Südamerika) aufgefunden, nachdem er beim vorhergehenden Umlauf wegen des beständig nahen Sonnenstandes überhaupt nicht zur Beobachtung gelangt war.

Die Sonne.

Die Sonne ist von der Erde durchschnittlich 149·5 Millionen Kilometer entfernt. Die effektive Temperatur eines in so unvorstellbarer Ferne schwebenden Weltkörpers zu ermitteln, erscheint dem Laien nahezu unmöglich und in der Tat sind die Methoden und Instrumente, mittels derer man unablässig diesem Ziele zustrebt, so wenig allgemein verständlich und so kompliziert, daß wir hier unter Verweisung auf die betreffenden Arbeiten selbst nur auf die Ergebnisse eingehen wollen. Die Schwierigkeit beruht, um es kurz anzudeuten, darin, wie man aus der auf der Erdoberfläche am Grunde des tiefen Luftozeans gemessenen Reststrahlung der Sonne ihre volle Strahlung jenseits der Grenze der Atmosphäre ermitteln kann.

Auf dem astrophysikalischen Observatorium des Smithsonian-Instituts zu Washington wird an der sehr schwierigen Aufgabe, die Sonnenstrahlung, die Temperatur und die physische Beschaffenheit unseres Zentralkörpers zu bestimmen, unablässig gearbeitet. Der Direktor C. G. Abbot und F. E. Fowle haben über ihre neueren, von 1900 bis 1907 reichenden Untersuchungen einen Band*) veröffentlicht, der uns auch über die Sonnentemperatur belehrt. Sie beträgt demnach 6750^0 beziehungsweise 6790^0 abs. Diese Ziffer übersteigt die nach einer anderen Methode von Prof. J. Scheiner**) am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam ermittelten Werte, 6195 bis 6252^0, bedeutend. Zieht man die Fehler der Berechnung, die aus unserer Unkenntnis der Struktur der Sonnenphotosphäre stammen, nicht in Betracht, so ergibt sich nach Scheiner sogar eine mittlere Temperatur von 7065^0. Dagegen finden Abbot und Fowle nach einer anderen Berechnungsweise (mittels des Stefanschen Gesetzes) sogar nur die Temperatur von 5962^0 abs., ein Betrag, der wahrscheinlich nicht so richtig ist wie die oben angegebenen.

Ferner behandeln Abbot und Hale die Beziehungen zwischen der Sonnenstrahlung und den Temperaturen auf der Erde, wobei zu bemerken ist, daß höchstwahrscheinlich die Sonnenstrahlung selbst nicht konstant, sondern Schwankungen unterworfen ist, die sich auf der Erde bemerklich machen. Bis zur Erdoberfläche in Meereshöhe gelangen nur 24 Prozent der vollen Sonnenstrahlung, da während 52 Prozent der Zeit Wolken die Strahlen vom Erdboden fernhalten und vom Rest der Strahlung, 48 Prozent, noch die Hälfte durch die Luft absorbiert wird. Berghöhen sind günstiger daran: der 1800 Meter hohe Mount Wilson z. B. empfängt im Vergleiche zu Washington mehr als das Doppelte an Sonnenstrahlung.

---

*) Annals of the Astroph. Observ. of the Smithsonian Institution. Vol. II. Washington. 1908; Ref. von A. Berberich, Naturw. Rundsch., XXIV, Nr. 11.

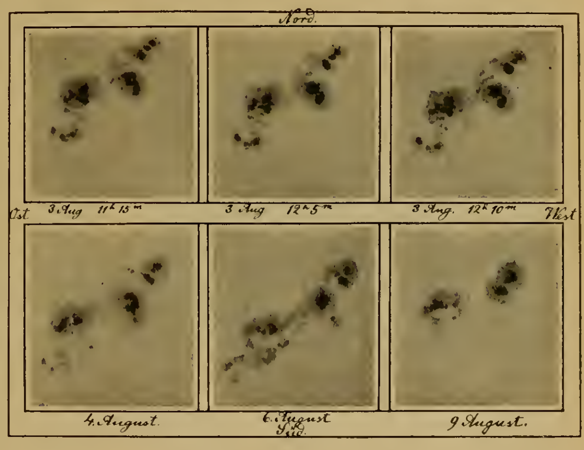
**) Publikationen des Astrophys. Observ. zu Potsdam, Nr. 55; Monthly Notices of the Royal Astron. Society. Vol. 68 (1908).

Auf dem Mount Wilson ergab sich auch die Gelegenheit, die Albedo der Wolken*) zu messen. In der Nachbarschaft des Berges liegen zwei tiefe Cañons, die öfter von einem weitreichenden Wolkenmeere ausgefüllt werden, über das der Gipfel des Berges eben noch hervorragt. Es wurde nun ein 15 Meter hoher Turm errichtet, von dem aus man nach drei Seiten auf die Wolken fast senkrecht, bis zu 20° gegen die Nadirrichtung, hinabsehen konnte. Durch eine Spiegelvorrichtung wurde das Wolkenlicht zum Bolometer geleitet. Der durchschnittliche Betrag des von den Wolken reflektierten Lichtes war 65 Prozent des auftreffenden Sonnenlichtes. Die von der unbewölkten Erdoberfläche, von den niederen und hohen Wolken und von der wolkenlosen Luft in den Raum reflektierte Strahlung wird auf 37 Prozent des von der Sonne her eintreffenden Lichtes berechnet, und dies wäre zugleich die durchschnittliche Albedo der Erde, aus weiter Entfernung gesehen. Die übrigen 63 Prozent des auftreffenden Sonnenlichtes würden von Erde, Luft und Wolken verschluckt werden.

Die Sonnenstrahlung zeigt eine langsame Schwankung, die nahezu gleichzeitig mit der Sonnenfleckenperiode verläuft. Die mittlere Temperatur auf den Beobachtungsstationen scheint beim Fleckenminimum über dem normalen Durchschnitt, beim Maximum darunter zu liegen. Die Sonnenstrahlung würde also beim Fleckenminimum verstärkt sein. Eine Änderung der Fleckenzahl um 100 würde einer Temperaturänderung um etwa 1° C entsprechen und diese würde eine Änderung der Sonnenstrahlung um 1·4 bis 4·5 Prozent bedingen, je nach der Dauer der Temperaturänderung. Man müßte annehmen, daß die mit der Fleckenzahl gleichzeitig verlaufende Strahlungsänderung verursacht wird durch eine Hülle kühler Dämpfe oder anderer Stoffe, die mit den Flecken zugleich über der ganzen Sonne auftreten. Daß die Durchlässigkeit der äußeren Sonnenhülle veränderlich ist, ergeben auch die Untersuchungen der Sonnenstrahlung von der Mitte zum Rande der Sonnenscheibe, die mit dem Bolometer gemacht wurden.

Auch die Sonnenflecken sind Gegenstand fortgesetzter Aufmerksamkeit der Astrophysiker gewesen. Einen neuen Versuch zu ihrer Erklärung hat A. Amaftounsky unternommen, nachdem er die Unzulänglichkeit der Erklärungen seiner Vorgänger nachgewiesen hat.**) Seine Hypothese gründet sich auf folgende Betrachtungen:

Die Sonnentemperatur ist so hoch, daß im Sonneninnern sowohl chemische Verbindungen als auch der feste oder flüssige Zustand der Materie unmöglich sind. Der Sonnenkern muß also ausschließlich aus den glühenden Dämpfen der getrennten Elemente bestehen und diese Dämpfe müssen unter dem Einflusse der Schwere und unter dem Drucke der höher liegenden Schichten je näher dem Zentrum, desto dichter werden. Wahrscheinlich befinden sie sich dort in einem zähflüssigen Zustand, für den uns die irdischen Verhältnisse nichts Entsprechendes zeigen. An ihrer Oberfläche, der Photosphäre, dagegen muß die Sonne flüssige, vielleicht selbst feste Teile enthalten, da Gase und Dämpfe ohne eine Beimischung fester oder flüssiger Partikelchen nicht eine so enorme Menge blendenden Lichtes geben könnten. Wir müssen die Photosphäre deshalb als die Grenze der Sonnenoberfläche ansehen, wo infolge der Berührung mit dem kalten Weltraume die Temperatur der Gase sich soweit erniedrigt, daß es zur teilweisen Verdichtung dieser Gase zu Tropfen, vielleicht auch zu chemischen Verbindungen kommt. Wahrscheinlich gleicht die Photosphäre in ihrer Zusammensetzung unseren Wolken, die ja auch getrennte Tropfen und selbst kleine Kristalle enthalten.



Veränderungen einer Sonnenfleckengruppe von 3 bis 9. August 1908. (Photogr. v. E. Stephani-Cassel.)

Indem sich nun die oberen Photosphäreschichten infolge des Wärmeverlustes zusammenziehen, drücken sie auf die unteren und erhöhen deren Wärme. Dadurch erfolgt eine Ausdehnung der Gase und Dämpfe der eingeschlossenen Schichten und in dem Bestreben, sich auszudehnen, suchen sie den einzig möglichen Ausweg, nämlich den durch die Oberfläche, und durchbrechen fortwährend die Photosphäre als Gas- oder Dampfausbrüche. Da diese Gase und Dämpfe viel heißer als die Photosphäre sind, so zersetzen und verflüchtigen sie deren Wolken; so entstehen an den Durchbruchsstellen Flecken, die, obwohl von glühenden Gasen erfüllt, uns dunkel erscheinen, weil sie keine glühenden, starkes Licht erzeugenden festen oder flüssigen Teilchen enthalten. Infolge ihrer Herkunft aus dem Sonneninnern müssen auch die Gase über den Flecken physikalisch etwas anders beschaffen sein als die

---

*) Unter der Albedo versteht man die Fähigkeit eines Körpers, das Sonnenlicht zu reflektieren, genauer: das Verhältnis der reflektierten Lichtmenge zur eingestrahlten.

**) Astron. Nachr., Nr. 4305.

gasigen Bestandteile der Photo- und Chromosphäre.

Unter dieser Annahme glaubt Amaftounsky alle bisher an den Sonnenflecken beobachteten Erscheinungen zwanglos erklären zu können. Vermag z. B. der aus dem Sonneninnern aufsteigende heiße Gasstrom die Photosphäre nicht zu durchbrechen, so hebt er wenigstens diese Deckschicht mehr oder weniger und erzeugt so eine Fackel. Eine solche entsteht auch, bevor der zum Durchbruche gelangende Gasstrom ins Freie tritt. Nach erfolgtem Durchbruche stürzen die Photosphärenwolken in Wirbeln nach dem Kern des Fleckes, weil dort ein Druckminimum vorhanden ist, und bilden die den Kern umgebende etwas hellere Penumbra. Beim Nachlassen der Eruption breiten sich allmählich die Fackeln und Photosphärenwolken in Form leuchtender Brücken und Zungen über den Flecken aus, bis er völlig überdeckt ist.

Auch die auffallende Erscheinung, daß die Sonnenflecken nur in den mittleren Sonnenbreiten und dazu periodisch auftreten, erklärt Amaftounsky mittels seiner Hypothese. Er nimmt an, daß im Sonneninnern die Gase und Dämpfe ebenso wie in den eruptiven Protuberanzen mechanisch gemengt sind. Da nun gemäß der kinetischen Gastheorie die Moleküle der leichten Gase größere Geschwindigkeit und Elastizität besitzen als die schwereren Gase, so sind letztere sowohl bei den Gasausbrüchen wie auch sonst auf der Sonne dem Einflusse der Zentrifugalkraft der Sonnenrotation mehr unterworfen als die leichteren Gase; mithin werden sie auch stärker nach dem Äquator hingezogen als die leichteren. Dadurch muß ein aus den schwereren Gasen bestehendes Rotationssphäroid entstehen, dessen Achse mit der Sonnenachse zusammenfällt und das infolge seiner Abplattung anfangen muß, sich schneller zu drehen als die anderen Regionen der Sonne. Die leichteren Dämpfe und Gase nehmen hauptsächlich die höheren Sonnenbreiten ein, und da selbst die sorgfältigsten Messungen keine Abplattung der Sonne ergeben haben, so ist anzunehmen, daß die äußere Gestalt der Sonnenkugel von den leichteren Gasen gebildet wird und in ihr das mit den schwereren ausgefüllte Sphäroid steckt. Ein solches System kann sich im Gleichgewicht erhalten, weil die leichteren Gase durch ihre große Elastizität dem Einflusse der Fliehkraft beinahe entrückt sind und sich nur unter der Wirkung der beiden entgegengesetzten Kräfte der Schwere und ihrer inneren Expansion befinden: und diese geben ihnen die Kugelgestalt.

Infolge des Druckes der oberen Schichten und ihres eigenen Ausdehnungsbestrebens müssen die im Innern dieses Systems befindlichen Gasmassen nach außen zu entweichen suchen. Ist dabei der Druck der oberen Schichten zusammen mit der in gleichem Sinne wirkenden Schwerkraft der Sonne größer als die entgegengesetzt gerichtete Kraft der elastischen Ausdehnung, so ist ein Gasausbruch unmöglich. In dieser Lage sind die über den Wendekreisen gelegenen beiden Kugelkalotten des inneren Sphäroids, und zwar infolge der Dicke der über ihnen gelegenen Schicht leichter Dämpfe. In den Zonen zwischen jenen Kreisen ist die Dicke dieser Schicht viel kleiner und die elastische Kraft des Innern wird groß genug, um Protuberanzenausbrüche und Sonnenflecken zu erzeugen. Nahe dem Äquator aber fehlt eine das Sphäroid der schwereren Gase überlagernde Schicht fast ganz und darum sind hier weder Protuberanzen noch Sonnenflecken möglich. Mit dieser Verteilung stimmt das wirkliche Auftreten der eruptiven Protuberanzen und Flecken völlig überein.

Daß sich unter der Tätigkeit der Protuberanzen und Sonnenflecken das Bild der Korona ändert, erklärt sich dadurch, daß die Korona ein Erzeugnis der Protuberanzen ist. Letztere können neben Gasen auch feste und flüssige Stoffe enthalten. Diese sehr kleinen Partikel werden durch den Strahlungsdruck des Lichtes über die Sonnenatmosphäre emporgetragen und reißen dabei geringe Mengen Wasserstoff, Helium und Coronium mit sich. Die größeren Tropfen fallen auf die Sonne zurück, diejenigen, die genügend klein sind, daß Strahlungsdruck und Schwerkraft sich für sie das Gleichgewicht halten, bleiben in einer gewissen Höhe über der Sonne schweben und bilden die Korona, und die kleinsten werden durch den Strahlungsdruck im Weltraum zerstreut.

Da die Protuberanzen der Fleckenzone fortwährend neue schwere Gase aus dem Sonneninnern zuführen, so muß hier die Sonnenatmosphäre dauernd an Dichte zunehmen. Dadurch erreicht ihr Druck endlich eine solche Stärke, daß die weitere Protuberanzenbildung merkbar geschwächt wird und endlich ein Fleckenminimum eintritt. Während eines solchen verliert die Sonnenatmosphäre nun mehr Stoff durch Strahlungsdruck, als ihr die Protuberanzen zuführen, und in dem Maße, als hiedurch der Druck abgeschwächt wird, nimmt die Tätigkeit der Protuberanzen wieder zu. So erklärt sich sehr gut eine gewisse Periodizität der Sonnenfleckentätigkeit, die gegenwärtig allerdings eine beträchtliche Verschiebung zu erleiden scheint.

Zum Schlusse kommt Amaftounsky auf die zu Zeiten großer Sonnentätigkeit eintretende Zunahme der erdmagnetischen Erscheinungen, für die er die vom Strahlungsdruck durch die Korona in den Weltraum getragenen Partikelchen verantwortlich macht. Über denselben Gegenstand, das wahrscheinliche Bestehen eines magnetischen Feldes in den Sonnenflecken, hat kürzlich G. E. Hale Untersuchungen veröffentlicht, auf die wir hier noch kurz eingehen wollen. Der amerikanische Forscher stellte fest, daß auch auf Spektralaufnahmen von Sonnenflecken der sogenannte Zeeman-Effekt sich zeige, der den Einfluß starker magnetischer Kraft auf die Lichtschwingungen verrät (siehe Jahrb. VII, S. 89). Demnach sind die Sonnenflecken starke magnetische Kraftfelder, deren Kraftlinien nahezu senkrecht zur Sonnenoberfläche stehen, was den Einfluß der Flecken auf die erdmagnetischen Vorgänge erklärt. Eine weitere Bestätigung dieser Auffassung ergibt sich aus der Beobachtung, daß, wenn die Sonnenwirbel entgegengesetzt rotieren, sich auch umgekehrt gerichtete magnetische Felder nachweisen lassen. Die

Stärke des magnetischen Feldes der Sonnenflecken soll etwa 3000 Gauß*) betragen.

Bei seinen seit 1905 fortgesetzten Sonnenfleckenbeobachtungen glaubt A. Amaftounsky einige Erscheinungen an den Flecken entdeckt zu haben, die seines Wissens noch nicht Gegenstand astronomischer Beobachtungen gewesen sind.**) Die Penumbra, der den Flecken umgebende hellere Rand, entspricht meistens der Gestalt des Fleckenkerns. Die Außenränder der Penumbra jedoch sind selbst bei sehr regelmäßigen und stabilen Flecken häufig sehr zerrissen und zeichnen sich auf dem hellen Untergrunde der Photosphäre als bizarre und komplizierte Gestaltungen ab, so daß sie vom Umriß des Kernes durchaus abweichen. Manchmal zeigen sich auch riesig schnelle Veränderungen in der Gestalt und Richtung dieser Fetzen, sie lösen sich nach einiger Zeit von der Penumbra ab, bleiben hinter der fortschreitenden Bewegung des Fleckens auf der Sonnenscheibe zurück und verschwinden endlich in der umgebenden Photosphäre. Entsprechende Bewegungen am inneren Rande der Penumbra oder des Kernes erfolgen im allgemeinen nicht.

Wenn nun die Außenränder der Penumbra im Gegensatz zu den inneren trotz gleichen Aussehens ihre Form so sehr viel schneller ändern, so müssen in dem Kern des Fleckens Vorgänge stattfinden, welche die Innenränder des Halbschattens hindern, sich ebenso schnell zu ändern wie die äußeren. Folglich hängt die Gestalt des Kernes vorwiegend nur von einigen im Kern selbst stattfindenden unbekannten Phänomenen ab und diese Phänomene sieht Amaftounsky in auf- und absteigenden Strömen glühender, in dem Kern kreisender Dämpfe.

Ferner macht der Forscher darauf aufmerksam, daß der zumeist gleichmäßig dunkel gefärbt erscheinende Kern bisweilen hellere Stellen zeigt, die manchmal eine Kernpartie völlig überdecken und in diesem Falle die bevorstehende Auflösung und das nahe Verschwinden des Kernes anzeigen. Auch erstrecken sich aus der Penumbra zungenförmig gestaltete hellere Partien in das Innere des Kernes, verdunkeln sich hier und werden nach kurzer Zeit wieder hell. Diese und ähnliche interessante Phänomene können leicht erklärt werden, wenn man zugibt, daß der Kern des Fleckens weit heißer als die Penumbra ist und daß in den Kernen heiße aufsteigende Strömungen stattfinden, welche die Teilchen, Flocken und Zungen der Penumbra wieder erhitzen und verflüchtigen, so daß diese in das Kerninnere untertauchen, sich von neuem zu flüssigen Tropfen verdichten und nach dem Vorübergang dieser Strömungen wieder hell werden. Auch gibt es anscheinend keine Gründe, die uns von dem Glauben abhalten könnten, diese aufsteigenden Strömungen seien die Protuberanzen.

Eine andere, noch wenig erklärte Erscheinung ist die körnige, als Granulation bezeichnete Zeichnung der Sonnenoberfläche. Der russische Astronom A. Hansky hat auf Photographien, die am 25. Juni 1905 aufgenommen sind, eine Ortsveränderung von solchen Granulationen entdeckt, und Wilhelm Krebs*) ist mittels des Studiums der Luftdruckprofile an den um den 25. Juni gelegenen Tagen auf die Vermutung geführt worden, daß jene Granulationserscheinung nicht dem Bereich der Sonnenoberfläche angehörte, sondern durch wellenartige Vorgänge in der Erdatmosphäre ebenso vorgetäuscht wurde wie gewisse Flimmererscheinungen (Szintillationen) am Sonnenbilde. Auf neuen großen Photographien von E. Stephani, dem Besitzer der Casseler Sonnenwarte, zeigt sich sogar, daß solche Granuli sichtlich von der hellen Sonnenoberfläche auf die Halbschatten-(Penumbra-)partien von Sonnenflecken übergreifen.



Granulation der Sonnenphotosphäre. (Photogr. von E. Stephani-Cassel.)

Höchstwahrscheinlich ist also die Granulationserscheinung völlig auf Rechnung atmosphärischer Wellenschwingungen zu setzen.

Unsere Fixsternwelt.

Dem forschenden Geiste sind die Grenzen unseres Sonnensystems längst zu eng geworden. Er will, wie der Dichter der „Hebräischen Melodien" es so wundervoll ausdrückt, nun körperlos sich heben von Stern zu Sternen, stufenweis', er will im ew'gen Raume schweben, ein sehend Aug', das alles weiß. Und auf diesem Fluge durch das All steht er im Begriffe, eine neue weitere Heimat zu erobern und sich geistig zu eigen zu machen: unsere Fixsternwelt; als solche werden wir anscheinend den weiten schimmernden Ring der Milchstraße mit den ihr nahegelegenen Sternbildern bald mit aller Sicherheit begrüßen können.

Eins der vorzüglichsten Mittel, die Einheit dieses Systems zu begründen und uns in ihm zurechtzufinden, ist die Ermittlung der Eigenbewegung der Fixsterne, die deshalb in immer wachsendem Maße die Arbeit der Forscher in Anspruch nimmt. Da fand nun für alle Sterne, die in einem Jahrhundert mehr als 20 Sekunden Eigenbewegung zeigen, Dyson**) in Übereinstimmung mit Kapteyn und Eddington, daß sie zwei Strömungen zeigen, deren

*) Unter 1 Gauß versteht man die Einheit des freien Magnetismus, diejenige Menge Magnetismus, die auf eine gleiche, von ihr um 1 Zentimeter entfernte die Kraft von 1 D (Dyne) ausübt. Letztere ist die Kraft, die der Masse von 1 Gaus in 1 sec eine Geschwindigkeit von 1 Zentimeter erteilt.

**) Astron. Nachr., Nr. 4332.

*) Das Weltall. 10. Jahrg. Heft 6.

**) Das Weltall, X., Heft 2.

eine (A) auf die Punkte α (Rektaszension) = 90°, δ (Deklination) = —10°, deren zweite (B) auf α = 255°, δ = —60° gerichtet ist. Unter 1924 untersuchten Sternen gehörten 1023 zum Strome A, 574 zu B, nur 110 Sterne hatten eine um mehr als 60° von A und B abweichende Richtung und 217 blieben zweifelhaft. Unter Berücksichtigung dieser Strömungen findet Dyson für den Apex, d. h. den Punkt, wohin sich unser Sonnensystem vorwärtsbewegt, α = 283°, δ = +44°; Beljawsky hat für den Apex α = 281°, δ = +36° berechnet, also sehr ähnliche Werte, obwohl sie auf anderen Grundlagen beruhen; für den Vertex, den entgegengesetzten Punkt, ist α = 266°, δ = —24°;



Fixsterne gleichgerichteter Bewegung im Perseus.

dieser liegt also mitten in der Milchstraße an der Grenze zwischen den Sternbildern Ophiuchus und Sagittarius (Schlangenträger und Schütze).

Eine weitere Bestätigung gleichgerichteter Eigenbewegung fand S. Kostinsky*) bei Durchmusterung von Photographien aus der Umgebung der Sternhaufen χ und h Persei. Er entdeckte dort etwa 20 Sterne mit mehr oder minder merklicher Eigenbewegung (über 3 Sekunden pro Jahrhundert), die eine gemeinsame Bewegung in ein und derselben Richtung, ungefähr nach Ostsüdost, zeigen. Nur zwei von ihnen wandern anders. Dreizehn dieser Sterne lassen sich in zwei Gruppen bringen, deren Bewegungsrichtungen einen Winkel von 27° miteinander bilden. Es scheint die Annahme begründet, daß diese Sterne in keinem physischen Zusammenhang mit den obengenannten Sternhaufen stehen und uns näher sind als jene.

Vermittels einer neuen Bestimmung der Radialbewegungen der Sterne β, ε und ζ des großen Wagens hat H. Ludendorff**) für das System parallel laufender Sterne, das diese drei Körper mit γ und δ desselben Sternbildes bilden, die Parallaxe mit großer Sicherheit berechnet. Sie beträgt 0·0352″ und verrät uns, daß die fünf Sterne von der Sonne fast zehn Siriusweiten (5·9 Millionen Erdbahnradien) entfernt sind. Die Bewegungsrichtung dieses Systems führt auf einen Punkt im Sternbilde des Schützen (303°, —36°). Die beiden noch übrigen größeren Sterne des Wagens, α und η scheinen ein zweites System zu bilden, das fast genau die gleiche Parallaxe (0·0360″), aber einen völlig verschiedenen Zielpunkt besitzt (bei γ Columbae, 90°, —36°). Im Vergleiche zur Sonne sind die sieben Sterne des großen Wagens in der alphabetischen Reihenfolge 126, 72, 66, 52, 105, 87 und 95mal heller. Diese Helligkeit ist wahrscheinlich weniger durch die große Masse als durch den Entwicklungszustand der Sterne bedingt, die mit Ausnahme des gelblichen α zum I. Spektraltypus (weiße oder blaue Sterne) gehören.

Glieder dieser Gruppe heller Wagensterne sind nach den Untersuchungen E. Hertzsprungs*) sechs bis neun am nördlichen Himmel zerstreut liegende Sterne, unter ihnen der hellste aller Fixsterne, Sirius, ferner Gemma (α Coronae), β Eridani, β Aurigae. Scheinbar kommen diese Gestirne aus einem Punkte, der in AR = 128°, Dekl. = +40° liegt. Ihre Geschwindigkeit ist auf die Sonne bezogen 18·4 Kilometer, absolut 28·8 Kilometer in der Sekunde. Die Parallaxe, aus den Stellungen der einzelnen Sterne gegen den Herkunftsort berechnet, liegt meistens zwischen 0·03″ und 0·05″, größer ist sie nur für δ im Löwen und für den Sirius. Die Rechnung ergibt für letzteren 0·387″, was mit dem Ergebnisse der Messungen von Gill und Elkin, 0·37″, gut übereinstimmt. Ebenso gut stimmen die berechneten Geschwindigkeiten des Sirius und der Gemma, —8·5 und —2·2 Kilometer, mit den beobachteten überein.

Einem gemeinsamen Ziele eilen nach einer Untersuchung von Prof. Boß in Albany auch 41 Sterne im Sternbilde des Stieres zu. Ihre Bewegungen zielen gegen den Punkt AR = 6 Uhr 7 Min., Deklination = +7°, etwa 4° östlich von α Orionis. Die Mitte der Gruppe, die einen Teil der Hyadensterne umfaßt, ist von jenem Zielpunkte 25 Grade entfernt.**) Der Astronom der Yerkes-Sternwarte, E. B. Frost, hat Spektralaufnahmen zum Zwecke der Bestimmung ihrer Radialbewegungen gemacht, die in diesem Falle sämtlich gleich sein müßten.***) Die vorläufige Prüfung der Spektra ergab, daß keines der Boßschen Annahme widerspricht. Alle diese Sterne, unter denen merkwürdigerweise sechs spektroskopische Doppelsterne sind, scheinen sich von der Sonne um 40 Kilometer in der Sekunde zu entfernen, woraus sich eine entsprechende wirkliche Bewegung von 45 Kilometern in der Sekunde ergibt.

Was diese und ähnliche Bewegungen innerhalb des unermeßlichen Rahmens der Fixsternwelt zu

*) Astron. Nachr., Nr. 4366.
**) Astron. Nachr., Bd. 180. Nr. 4313—14.

*) Naturw. Rundsch. XXIV (1909), Nr. 31.
**) Naturw. Rundsch. XXIII, (1908), Nr. 47.
***) Science XXIX (1909), S. 156.

bedeuten haben, setzt Prof. K. Schwarzschild in einem lichtvollen Vortrage: „Über das System der Fixsterne“ auseinander.*) Daß das anscheinende Chaos der glitzernden Sterne sich in Ordnung lösen muß, hofft er beweisen zu können; welches diese Ordnung sei, auch darüber glaubt er gewisse Angaben als allgemein gültig hinstellen zu können.

Die Milchstraße, aus unzähligen Sternen und dazwischen eingesprengten Gasnebeln zusammengesetzt, ist unter anderem dadurch ausgezeichnet, daß die glänzendsten Sterne in ihrer Nachbarschaft gehäuft stehen. So viele Lücken auch das schimmernde Lichtband, so viele Sternleeren es auch besonders um die Gasnebel herum zeigt: um in der Erkenntnis vorwärts zu kommen, muß man dieses Detail zunächst außeracht lassen, die wallenden Schleier zu einem gleichförmigen, zusammenhängenden Lichtbande ausbreiten und sich zunächst nur das Typische, den einen geschlossenen, den Himmel umsäumenden Ring vor Augen halten.

Es darf als festgestellt gelten, daß die weit von der Milchstraße entfernt liegenden Gebiete des Himmels sternenarm sind und daß die Sternfülle mit der Annäherung an die Milchstraße ständig zunimmt, auch da, wo sich der Sternschimmer für unser Auge noch lange nicht zu einem kontinuierlichen verdichtet. Die großen Flocken der Milchstraße bezeichnen nur den Gipfelpunkt dieses allmählichen Ansteigens. Aus diesen Gründen ist die Milchstraße für die Anordnung der Sterne nicht von lokaler, sondern von universaler Bedeutung.

Um die Auffassung des Fixsternsystems möglichst zu erleichtern, denken wir uns den Milchstraßenring fernerhin immer horizontal ausgebreitet, während er in Wirklichkeit nahezu senkrecht zu unserem Horizont steht. Die Bahnen der Planeten, die man gewöhnlich horizontal auf das Papier zeichnet, steigen dann unter einem Winkel von 60° an und die Erdachse, die man sich gewöhnlich senkrecht denkt, nimmt eine ziemlich horizontale Lage an.

Nach Seeliger bilden alle uns als einzelne Punkte sichtbaren Sterne zusammen das einheitliche Milchstraßensystem. Die Gestalt dieses Systems ist die einer runden flachen Linse oder auch eines Raumes, wie er von zwei mit den Rändern aufeinandergelegten Suppentellern eingeschlossen wird. Der horizontale Durchmesser dieser Linse (horizontal nach der oben angenommenen Lageveränderung) ist etwa doppelt so groß als der vertikale. Die Sterne erfüllen diesen elliptischen Raum nicht in gleichbleibender Dichte, sondern drängen sich nach der Mittelebene, der Milchstraßenebene, und nach dem Zentrum des Systems, von dem wir uns nicht allzu weit entfernt befinden, zusammen. Die größere Sternenreiche, die wir am Himmel nach der Milchstraße zu gewahren, ist also zum Teil eine scheinbare, dadurch hervorgerufen, daß wir in der Richtung des Milchstraßenringes durch eine längere mit Sternen besetzte Strecke hindurchsehen als in der Richtung senkrecht dazu.

*) Himmel und Erde, 21. Jahrg. (1909), Heft 10/11.

So schließt also nach dieser Vorstellung die Milchstraße das ganze Heer der sichtbaren Sterne in einen endlichen begrenzten Bezirk ein. Man kann sich die Größe dieses Bezirkes ungefähr danach vorstellen, daß das Licht seinen Längendurchmesser in rund 20.000, seinen Querdurchmesser in etwa 10.000 Jahren durchläuft. Das ganze System ruht abgeschlossen im leeren Raume und erst in Entfernungen, die groß sind gegen die Ausmaße des Systems selbst, mögen sich wieder neue Sternensysteme zu neuen Milchstraßen zusammenballen.

Mit dieser grundlegenden Erkenntnis von der Endlichkeit und Abgeschlossenheit des ganzen Systems der sichtbaren Sterne sind gewissermaßen nur die Zollgrenzen unseres Gebietes abgesteckt; es ist der Rahmen für die weitere Forschung geschaffen, die sich zum großen Teil darum drehen muß, ob das Milchstraßengebilde nur eine räumliche Einheit ist oder eine organische, und wenn auch letzteres, von welcher Art die organische Einheit ist.

Ein Vergleich wird die Schwierigkeit dieser Aufgabe anschaulich machen. Bekanntlich sind die Millionen Fixsterne Sonnen, ähnlich wie unsere Sonne, die den hundertfachen Durchmesser der Erde hat. Betrachten wir nun die Welt mit einem überirdischen Auge, dem eine Million Kilometer so groß erscheint wie uns ein Millimeter! Dann sind die Fixsterne lauter Kugeln von 1 Millimeter Durchmesser, Stecknadelköpfe, und ihr Abstand voneinander schrumpft auf durchschnittlich hundert Kilometer zusammen. Wenn wir also von der Einheit dieses Sternensystems sprechen, so ist das, als sprächen wir von der Zusammengehörigkeit von Stecknadelköpfen, die sich 100 Kilometer weit voneinander im Raume befinden. Das wäre eine so dünne Verteilung der Materie, als wenn man einen einzigen Liter Wasser durch die ganze Erdkugel versprengte. So wenig wir die Existenz von Wasser ahnen würden, wenn nur dieser eine über die Erde versprengte Liter da wäre, so wenig wüßten wir etwas von den Sternen, falls nicht zu ihrer ungeheueren Entfernung und Seltenheit etwas ebenso Wunderbares hinzukäme: die fast absolute Leerheit der Zwischenräume. Die leuchtenden Stecknadelköpfe stehen in einem völlig staubfreien Raume. Nur dadurch wird es möglich, daß uns die Lichtstrahlen unverfälschte Kunde von den Sternen bringen und daß überhaupt das Problem entstehen konnte, nach einem organischen Zusammenhange zwischen 100 Kilometer weit voneinander entfernten Stecknadelköpfen zu suchen.

Bekanntlich stehen auch die Fixsterne nicht still, sondern unterliegen einer langsamen Verschiebung am Himmelsgewölbe. Diese Verschiebungen sind jedoch im allgemeinen so klein, daß die Sternbilder auch schon vor 10.000 Jahren ungefähr ihr jetziges Aussehen gehabt haben müssen. In ihren Verschiebungen liegt also keine Hinderung, den Ursprung der Namengebung der Sternbilder in vorgeschichtliche Zeiten zurückzuverlegen.

Die zu Anfang dieses Abschnittes berührten Forschungen von Boß, Frost, Ludendorff, Hertzsprung u. a. haben ergeben, daß in den Eigenbewegungen der Fixsterne merkwürdige parallele Bewegungen auftreten. So bewegen sich

z. B. die Sterne des Häufchens der Plejaden seit 100 Jahren in einer Richtung gemeinsam weiter, so daß trotz merklicher Fortschiebung der ganzen Gruppe am Himmel die Anordnung der Sterne in der Gruppe absolut unverändert geblieben ist. Ein zweites schönes Beispiel bildet die über viele Grade am Himmelsgewölbe sich erstreckende Gruppe der Hyaden. Lewis Boß*) hat bei der Untersuchung ihrer Bewegungen gefunden, daß die Pfeile, welche die Bewegungen in 10.000 Jahren andeuten, nicht parallel sind, sondern nach einem Punkte zusammenstrahlen (konvergieren). Das bedeutet, daß die Richtungen im Raume nichtsdestoweniger parallel sind, nur daß sie nicht quer zu unserer Blickrichtung verlaufen, sondern daß die ganze Bewegung in die Himmelstiefe hinein gerichtet ist. Die Lage des Konvergenzpunktes zusammen mit der Bewegung der Hyadensterne erlaubt eine Bestimmung der Entfernung dieses Sternbildes. Diese ist so groß, daß sie vom Licht in 120 Jahren durchmessen wird; es ist die größte Entfernung, die bisher im Weltraume mit zahlenmäßiger Sicherheit festgelegt ist. Berechnen wir nun die gegenseitigen Abstände der Hyadensterne, so finden wir, daß sie etwas dichter stehen als die Sterne unserer Umgebung. Denken wir sie uns wieder als Stecknadelköpfe, so beträgt ihr Abstand voneinander etwa 30 Kilometer: mithin bewegen sich vierzig Stecknadelköpfe, in Abständen von 30 Kilometern schwebend, in einem geheimnisvollen Zusammenhange gemeinsam gleichförmig durch den Weltraum.

In diesem gemeinsamen stillen Wandern der Sterne fühlt man aufs eindringlichste das höhere Prinzip, das sie beherrscht, so schwer es auch ist, sich eine genaue Vorstellung von diesem Prinzip zu machen. Prof. Schwarzschild glaubt, daß der Ursprung des Milchstraßensystems aus einem großen Urnebel anzunehmen ist, der sich anfänglich über den ganzen Raum des jetzigen Systems erstreckte und Teile seiner Masse — jeden Teil an seinem Orte — in die jetzigen Sterne konzentrierte.

Versucht man, von Einzelresultaten, die sich immer nur auf Gruppen von wenigen Sternen beziehen, zu Ergebnissen für die Gesamtheit der Sterne zu gelangen, so sieht dies Unternehmen zunächst ziemlich hoffnungslos aus. Die Pfeile der Eigenbewegungen, wenn man das Bild irgend einer Himmelsgegend entwirft, gehen wild durcheinander und erst bei eingehenderer Betrachtung offenbaren sich gewisse Durchschnittsgesetzmäßigkeiten. Man hat festgestellt, daß die Sterne im allgemeinen vom Sternbilde des Herkules weg nach dem entgegengesetzten Punkte des Himmelsgewölbes rücken. Diese Erscheinung beruht einfach darauf, daß die Sonne sich so gut wie jeder andere Fixstern im Raume bewegt und daß diese Bewegung gerade nach dem Sternbilde des Herkules hin**) gerichtet ist. Die Sterne des Herkules nähern sich uns scheinbar mit 20 Kilometer Sekundengeschwindigkeit und ebenso schnell entfernen sich die gegenüberliegenden Sterne; daraus ergibt sich, daß die Sonne mit 20 Kilometer Geschwindigkeit in der Sekunde durch den Weltraum eilt.

Als man nun den Einfluß der Eigenbewegung der Sonne von den beobachteten Bewegungen der Sterne abzuziehen versuchte, um deren wahre Bewegung zu ermitteln, erwiesen sich die Verhältnisse so verwirrend, daß bis vor kurzem die Ansicht galt, die Bewegungen der Sterne seien völlig irregulär. Erst in den letzten Jahren ist man zu einem positiven Ergebnis gekommen. Wenn man an die Ähnlichkeit der Milchstraße mit dem Planetensystem denkt, in welchem alle Körper die Sonne in einem Sinne umkreisen, so läßt sich vermuten, daß auch die Milchstraßensterne in Rotation begriffen sind, und zwar um eine zur Milchstraße senkrechte Achse, um den kleinsten Durchmesser unserer Linse. Diese Vermutung hat sich aber als irrig erwiesen, es existiert im Milchstraßensystem keine Rotation in einem einzigen bestimmten Sinne.

So findet z. B. die wirkliche Bewegung der Hyaden statt nach einem Punkte der Milchstraße im Fuhrmann zu, die der parallel ziehenden Sterne im Wagen, der „Bärenfamilie", nach einem gerade gegenüberliegenden Punkte. Wir haben hier also zwei Sternzüge, die sich in entgegengesetzter Richtung längs der Milchstraße bewegen. Wenn wir uns die Milchstraße wie oben horizontal liegend denken, so wandern diese beiden Sternenschwärme parallel zu einem Durchmesser ebenfalls horizontal. Denken wir uns nun zahllose ähnliche Sternenschwärme hinzu, die alle ungefähr längs derselben Straße wandern, die einen in der Richtung nach dem Fuhrmann zu, die anderen, etwa ebenso viele, in der entgegengesetzten Richtung nach dem Adler zu, so bekommen wir wahrscheinlich die richtige Vorstellung. Die Wege sind allerdings nicht scharf aneinander gebunden, sondern laufen zum Teil erheblich auseinander. Es gibt auch Sterne, die quer zu unserer Straße, und auch solche, die aus der Ebene der Milchstraße heraus wandern. Aber als Haupttatsache bleibt bestehen: es existiert eine ungeheure Heerstraße, der die Sterne mit Vorliebe folgen, in der sie sich begegnen und wieder aneinander vorbeiziehen, und diese Straße ist parallel einem Durchmesser der Milchstraße. Ein neuer Rhythmus ist in unsere Vorstellung vom Sternengebäude gekommen: wir glauben die Stimme eines Gesetzes zu hören, das die große Herde ordnet und die Sterne, ob sie nun rechts oder links gehen, längs einer Straße hält.

Um das neue Bild des Milchstraßensystems noch verständlicher zu machen, gibt Prof. Schwarzschild noch folgende Zusammenstellung: Man nehme an, daß die Sternmassen der Milchstraßenlinse um die vertikale Achse derselben kreisen. Man setze aber nicht voraus, daß die Rotation in einem Sinne stattfinde, sondern es mögen ebenso viele Sterne im Sinne des Uhrzeigers wie im entgegengesetzten umlaufen. Die Gefahr von Zusammenstößen kann bei unseren Stecknadelköpfen in 100 Kilometer Entfernung dabei keine Rolle spielen. Es besteht zwischen dem Milchstraßensystem und dem Sonnensystem also insofern eine Analogie, als alle Bewegungen annähernd in Kreisform und in einer Ebene gedacht sind. Diese Analogie besteht aber

*) Astron. Journ. Vol. 26 (1908).
**) Nach der neuesten Bestimmung von H. Weetsma liegt dieser Punkt in Rektaszension 286, Deklination + 31°.

nicht hinsichtlich der Umlaufsrichtung, indem in der Milchstraße völliges Durcheinander von rechtläufigen und rückläufigen Körpern anzunehmen ist. Denken wir uns mit unserer Sonne nun irgendwie in die Milchstraßenfläche, aber seitlich vom Zentrum, hinein, so werden die Sterne annähernd in zwei Richtungen an uns vorübergehen, nämlich in den beiden Richtungen, die senkrecht zu der Verbindungslinie der Sonne mit dem Mittelpunkt des Systems stehen. Die dynamische Ursache zu diesen Kreisbewegungen hat man in der Gravitationswirkung des ganzen Milchstraßensystems. Man kann abschätzen, daß diese Gravitation genügt, um den einzelnen Stern mit Geschwindigkeiten der beobachteten Größenordnung in etwa 20 Millionen Jahren im Kreise herumzuführen. Das Zentrum des Systems, wenn wir ein solches voraussetzen, würde wahrscheinlich in der Gegend des Schwans zu suchen sein. Es gibt jedoch noch eine ganz andere Auffassung der Milchstraße, bei der von einem Zentrum des Systems keine Rede sein kann. Vielleicht ist nämlich unsere Milchstraße, wie der Andromedanebel, die letzte Entwicklungsform der sogenannten Spiralnebel, eine Annahme, auf die wir hier nicht weiter eingehen, da sie schon in früheren Bänden dieses Jahrbuches dargelegt ist.

Das Problem des Entstehens und Vergehens der Welten berührt eine Abhandlung von H. Seeliger*) über das Eindringen eines Weltkörpers in eine kosmische Staubwolke. Er kommt darin zu dem Ergebnis, daß bei einem solchen Vorgange ganz enorme Temperatursteigerungen entstehen müssen. Deshalb sei auch nicht abzusehen, wie hier Schwierigkeiten bei der Erklärung des Aufleuchtens neuer Sterne durch das Eindringen eines Weltkörpers in eine kosmische Wolke entstehen könnten. Angenommen, der Weltkörper oder Fixstern gliche in allen physikalischen Eigenschaften der Sonne, so wäre die höchste erreichbare Temperatur bei einer solchen Katastrophe 148.000° C. Schon nach 11 Stunden wäre eine Temperatur von 119.000° erreicht. Die angewandten Daten sind den Verhältnissen nachgebildet, wie sie bei der Nova Persei (s. Jahrb. I, S. 13) möglich gewesen wären. War die Nova vor ihrem Sichtbarwerden ein Stern 15. Größe und wäre ihre Parallaxe 0·01″, so würde die Oberflächentemperatur, da sie in physikalischer Beziehung mit der Sonne übereinstimmen sollte, 2200° C sein. Sie hätte also in elf Stunden von dieser Temperatur zu einer solchen von 119.000° ansteigen können. In diesen 11 Stunden hätte der Stern, wenn die ganze Ausstrahlung in derselben Proportion die physiologisch wirksamen Strahlen beeinflußt hätte, was natürlich nicht der Fall war, um 17·5 Größenklassen zugenommen, wäre also weit heller als der Sirius geworden.

J. Wilsing und J. Scheiner**) haben nach spektralphotometrischen Beobachtungen die Temperaturbestimmung von 109 helleren Sternen durchgeführt und gefunden, daß die effektive Temperatur der Sterne zwischen 2800° und 12800° liegt. Durchschnittlich die größte Hitze besitzen vier Sterne des Typus Ia_1 und acht des Typus Ib, die niedrigste Temperatur wiesen die Gestirne des dritten Spektraltypus auf.

*) Astron. Nachr., Nr. 3426.
**) Astron. Nachr., Nr. 4375.

Meteorologisches aus der Neuen Welt.

Nicht nur hinsichtlich der Erdbeben und Vulkanausbrüche, auch was die meteorologischen Erscheinungen betrifft, hat die Neue Welt vor dem gealterten Europa manches voraus, um das wir sie nicht beneiden wollen. Gewaltiger brausen dort die Orkane und Zyklone, weit klaffender sind die Abstände zwischen Hitze und Kälte, heftiger und ausgebreiteter die elektrischen Entladungen. Eine interessante Mitteilung über elektrische Phänomene in der Kordillere gibt W. Knoche nach Beobachtungen, die er während eines Aufenthaltes in den Anden von Quimza Cruz (5200 Meter, Bolivia, Dep. La Paz) von Mitte Januar bis Ende März machte.*)

Es lassen sich Gewitter und geräuschlose Entladungen unterscheiden. Beim Gewitter findet der Ausgleich der Elektrizitäten in Form einer Funkenentladung statt. Man hört in den Kordillerentälern auch nach Anbruch der Dunkelheit häufig sehr nahen Donner ertönen, ohne das Aufleuchten eines Blitzes zu sehen, der vielleicht in ein Nebental einschlägt und dadurch dem Auge entrückt wird oder auch von der Oberfläche der Gewitterwolke gegen die Atmosphäre zuckt. Wetterleuchten hat im peruanischen Hochgebirge gleichfalls häufig Donner im Gefolge, da das Donnerrollen bei unterhalb der Station stattfindenden Entladungen auf weit größere Entfernungen, leises Grollen noch 30 bis 35 Kilometer weit, als in der Tiefebene wahrnehmbar ist.

Bei den weit interessanteren stillen Entladungen kann man vier Formen unterscheiden: Flächenrelampagos, Funkenrelampagos, St. Elmsfeuer und Funkenausbrüche. Der Unterschied zwischen Wetterleuchten und einem Flächenrelampago besteht darin, daß ersteres, das vom Blitzen herrührende Aufleuchten einer Wolkenwand, allgemein weit geringere räumliche Ausdehnung zeigt als das Aufleuchten der Relampagos. Auch zeitlich dauert die stille diffuse Entladung bedeutend länger als der Vorgang des Wetterleuchtens; die Durchschnittsdauer des Relampago mag etwa zwei Sekunden betragen, in einem Ausnahmsfalle hielt er vier Sekunden lang an. Auch geht das Aufflammen der Relampagos in der Regel in Stratusschichten vor sich, während der Blitz gewöhnlich kumulusartige Gebilde beleuchtet; ferner zeigt der Flächenrelampago häufig eine Art schleichender Fortpflanzung über die Wolkenwand hin, nach Art eines Scheinwerfers im Nebel.

Der Vorgang des Auftretens dieser Relampagos kurz vor Ablauf der Regenzeit war etwa folgender: Die ganze Kordillere hüllte sich, vielleicht mit Ausnahme der höchsten Spitze, in Stratus, der übrigens gegen das tropische Tiefland hin zumeist in ein Wolkenmeer von Kumulusköpfen überging.

Um 8 Uhr abends setzte das Spiel der stillen Flächenentladungen ein, um bis kurz nach Mitter-

*) Meteorolog. Zeitschr. Bd. 26. (1909), Heft 8.

nacht anzudauern. Meistens folgte zwei- bis dreifaches Aufleuchten hintereinander, um dann sehr verschieden langen Pausen Raum zu geben. Es gab auch viele Nächte, in denen keine oder nur ganz vereinzelte Relampagos auftraten, oder in denen sie durch kurze, aber schwere Gewitter abgelöst wurden. An den Tagen, die ein Vordringen des Nebels bis über den Aguila hinaus zeigten, waren die Entladungen in größter Nähe zu beobachten. Gewöhnlich befanden die Beobachter sich an der Nebelgrenze, in dem zwar die Umgebung dicht verschleiert lag, die Sterne aber, wenn auch etwas umwölkt, herabschimmerten. Ringsumher leuchtete es zuckend auf, während gleichzeitig die Haare sich unter leichtem Knistern aufsträubten und die Vicuñadecken bei leisester Berührung einen dichten Funkenregen sprühen ließen. Gleichzeitig auftretende Elmsfeuererscheinungen sollen nicht selten sein. Jedenfalls spricht alles dafür, daß die Flächenrelampagos der Kordillere auf einer gewaltigen Spitzenwirkung beruhen. Wie weit sich diese erstreckt, ob über den gesamten Kontinent oder über ein beschränkteres Bereich, muß die Zukunft lehren. Nordwärts in der peruanischen Kordillere, südwärts in der Sierra de Atacama steht das Auftreten dieser großartigen Erscheinungen sicher fest. Ähnliche Phänomene werden auch aus anderen Tropengebieten berichtet, wo Flächenblitze im Zenith und ohne nachfolgenden Donner auftraten. Solche Relampagos wurden auch von Knoche zweimal im Januar innerhalb mäßig großer Cirrostratuswolken, die sich fast zenithal bei sonst heiterem Himmel befanden, beobachtet. Am 21. März abends gelang es, die ungefähre Länge des erleuchteten Nebelstreifens zu messen; sie betrug 108 beziehungsweise 131 Kilometer. Von den Kämmen des Gebirges her strahlen die Relampagos weit hinaus sowohl nach den Yungas als auch nach der Puna.

Hier in der Puna scheint neben Gewittern der im Gebirge selbst nie beobachtete Funkenrelampago zu überwiegen. Er ist vom Blitz nur dadurch zu unterscheiden, daß er ohne Verästelungen überspringt; an Farben wechselt er, doch überwiegen die bläulichen und bläulichweißen Funken. Während einer Fahrt durch die Puna am 10. Dezember 1908 schlug nachmittags 4½ Uhr ein Relampago etwa 200 Meter vom Wagen entfernt in die Grassteppe; das einzige Geräusch war ein leichtes Zischen, Donner war nicht vernehmbar. Die begleitenden Niederschläge der Relampagos bestehen, soweit die Kordillere in Betracht kommt, aus Graupeln, in der Puna oft aus Hagel.

Die Gefahr der Tötung durch Blitz oder Funkenrelampago ist anscheinend außerordentlich groß, sowohl in der Puna wie im Gebirge. Fortwährend werden zur Regenzeit indianische Lamatreiber, Führer von Maultierkarawanen, zahlreiches Vieh vom Blitze erschlagen angetroffen. In der Puna und den feuchten tieferen Tälern und Pässen des Gebirges scheint die Gefahr weit größer zu sein als in den trockenen felsigen Hochtälern. In diesen, wo sich die Ranchos zahlreicher Minen befinden, wird fast nie ein Einschlagen des Blitzes festgestellt. Es wirken wohl die umliegenden Höhen (Granite), die oft eine zugespitzte Form zeigen und von zahlreichen Metalladern senkrecht bis zum Kamme durchzogen sind, als Blitzableiter. Nach Meinung der Eingeborenen und ansässigen Europäer ist es gefährlich, den in Bolivien und Peru ständig benützten Umhang oder Ponche aus Vicuñawolle zu tragen. Fell und Wolle des Vicuña haben in der Tat die Eigenschaft, elektrisch stark isolierend zu wirken, eine Eigenschaft, die auch im Regen und Nebel nicht verloren geht, da die Feuchtigkeit an solchen Geweben nur äußerlich zu haften scheint und nicht in sie eindringt.

Abgesehen von den Elmsfeuern, die dort meistens mit der Camanchaca, einem trockenen, stechenden Nebel, vor Gewittern oder Relampagos auftreten, ist noch die höchst seltene Form der stillen Entladung, die Funkenausbrüche aus Felsspitzen oder Kuppen, zu erwähnen. Kugelblitze dagegen scheinen in jenen Gegenden unbekannt zu sein.

Daß auch in den Gebirgsregionen Nordamerikas die elektrischen Entladungen und die dadurch hervorgerufenen Gefahren sehr beträchtlich sind, lehrt folgender Bericht über einen doppelten Unglücksfall, der sich im Süden Kaliforniens durch ein und denselben Gewittersturm ereignete und infolge der eigenartigen örtlichen Umstände besonderes wissenschaftliches Interesse besitzt. Auf zwei Berggipfeln, dem San Gorgonio und dem Mount Whitney, die in einem Abstand von fast 200 Kilometern an den entgegengesetzten Enden der Mojavewüste liegen, kamen im Abstand von zwei Tagen zwei Menschen durch Blitzschlag um. Derartige Todesfälle sind an sich selten. Viel besprochen wurde der Tod eines Mannes, der früher schon auf dem Gipfel des Mount Whitney, eines der höchsten Berge der Vereinigten Staaten (über 4000 Meter), im Schneesturm, etwa 20 Meter unterhalb der Gipfelpyramide, der elektrischen Entladung zum Opfer fiel.

Die Mächtigkeit solcher elektrischer Störungen wird in eindringlicher Weise durch einen in der Wochenschrift „Science" wiedergegebenen Bericht des amerikanischen Infanteriehauptmanns R. M. Brambila und des Gelehrten J. E. Church von der Nevada-Universität veranschaulicht. Sie machten ihre Erfahrungen etwa 200 Kilometer nördlich vom Mount Whitney bei einem Aufstieg nach der automatischen Wetterwarte der Landwirtschaftsstation für Nevada auf dem über 3000 Meter hohen Mount Rose im Oktober des vorigen Jahres. Ein heftiger Gewittersturm mit zahlreichen Blitzen, denen jedoch fast kein Donner folgte, tobte in ihrer Nähe, ohne jedoch den Mount Rose selbst zu berühren. Erst am folgenden Tage umhüllten die Gewitterwolken den Gipfel, den sie zu ersteigen vorhatten. Die Temperatur hielt sich über Null. Bei Anbruch der Nacht begann ein mäßiger Hagelsturm, mit Schnee und Regen untermischt. Bald darauf traten die elektrischen Kräfte in grandioser Weise hervor. Die beiden Touristen hatten das Observatorium erreicht, das nunmehr mit jeder Ecke und Spitze zum Zentrum eines gigantischen St. Elmsfeuers wurde. Überall sprühten riesige Funkenbüschel in die Nacht hinaus und allenthalben zeigte sich der blauviolette Glanz des Glimmlichtes. Aus der erhobenen Hand schos-

sen Strahlen auf und ein Apfel, den Hauptmann Brambila angebissen hatte, ließ von den hervorstehenden Bißstellen zwei Leuchtbündel ausstrahlen. Doch geschah dies nur, wenn der Apfel hochgehalten wurde. Die Strahlungen an dem Gebäude waren so mächtig, daß sie geradezu einer Feuersbrunst glichen.

Man hat zum Schutz vor diesen überaus unheimlichen Erscheinungen einen Drahtkäfig für die Beobachter auf Berggipfeln vorgeschlagen, doch dürfte eine zweckmäßige Anlage der Observatorien die nötige Sicherheit bieten. Jedenfalls sind die ungeheuren Spannungsdifferenzen auf hohen Gipfeln ein Faktor, dessen wissenschaftliche Wichtigkeit nicht übersehen werden darf.

Das vergangene Jahr hat über den Süden der Union wieder mehrere Wirbelstürme hinweggeführt, unter denen einer vom 14. Oktober 1909 die völlige Zerstörung der Stadt Key West in Florida herbeiführte. Eine zusammenfassende Darstellung dieser zu den verheerendsten Naturerscheinungen gehörenden westindischen Drehstürme oder Hurricanes gibt Dr. Alfred Fischer*). Er geht von dem gewaltigen Orkan aus, der im Jahre 1900 die blühende Stadt Galveston am Golf von Mexiko betraf, von ihren 40.000 Einwohnern etwa 6000 tötete und einen Schaden von 30 Millionen Dollars anrichtete. Der Verlust an Menschenleben und Material wäre noch viel größer gewesen, wenn nicht der ausgezeichnete Sturmwarnungsdienst der Union seine Schuldigkeit in vollem Maße getan hätte. Zwei Tage vorher war schon auf den kommenden Sturm aufmerksam gemacht worden, so daß auf offener See nur ein Dampfer in Gefahr geriet. Wenn die Folgen für Galveston trotzdem so schrecklich waren, so erklärt sich das nur durch die kaum vorstellbare Riesengewalt, mit der der Sturm eine Woge von 4 Fuß Höhe in die Stadt hineinschleuderte und dann selbst unmittelbar auf sie auftraf.

Es sind hiebei Windgeschwindigkeiten aufgetreten, von denen man sich kaum eine Vorstellung machen kann und die im Gebiet der Union nur einmal, am 18. August 1879, am Kap Lookout, übertroffen zu sein scheinen. Die Geschwindigkeit des Windes steigerte sich nach 6 Uhr abends auf 45 Meter in der Sekunde, so daß der Windmesser dem Drucke nicht mehr standhalten konnte und hinweggefegt wurde. Zwischen 6 Uhr 15 Minuten nachmittags und 8 Uhr abends erreichte die Geschwindigkeit nach Schätzungen einen Betrag von 120 englischen Meilen in der Stunde, d. h. 54 Meter pro Sekunde, was einem Drucke von beinahe 365 Kilogramm auf den Quadratmeter entspricht. Was also nicht direkt von der wegspülenden Gewalt des Meeres getroffen wurde, hatte unter dem gewaltigen Winddrucke schwer zu leiden. So ist die Zahl von 3636 völlig zerstörten Gebäuden leicht verständlich.

Die westindischen Hurricanes gehören zu der großen Klasse der tropischen Dreh- oder Wirbelstürme, wie sie in ähnlicher Weise und mit ähnlichen Bahnen und Wirkungen auch im Indischen und Stillen Ozean auftreten: so im Arabischen Meerbusen, in der Bai von Bengalen, im südlichen Indischen Ozean, wo sie als die sogenannten Mauritiusorkane auftreten, in den malaiischen und chinesisch-japanischen Gewässern, wo sie Taifune genannt werden, und in der Südsee zwischen Australien und den Paumotu-Inseln. Erst im Februar 1907 sind die Cook- und Gesellschaftsinseln sowie im September Hongkong von einem schweren Orkan heimgesucht worden.



Zyklon-Trichter. Aufgenammen bei dem Tornado vom 12. Mai 1896 in Oaklahama City; der Durchmesser des Trichters auf ca. 350 m geschätzt.

Die Wirbelstürme der Tropen haben zwar mancherlei mit den barometrischen Minimis der gemäßigten Breiten gemein, unterscheiden sich jedoch von einem Sturme dieser Zonen: 1. durch charakteristische Anzeichen, die sich allgemein in der Natur beim Herannahen geltend machen; 2. durch die gewaltige und in kurzer Zeit sich vollziehende Luftdruckerniedrigung; 3. durch die extremen Windstärken; 4. durch die Windstille im Zentrum und das Auftreten des sogenannten Sturmauges; 5. durch die geringe Größe des Sturmfeldes; 6. durch die charakteristische Bahn mit dem Fortschreiten nach Westen in den Tropen; 7. durch das verhältnismäßig seltene Auftreten in bestimmten Gebieten und 8. durch die geringe Fortbewegungsgeschwindigkeit.

Das Klima der Tropen zeichnet sich durch den regelmäßigen Gang seiner Elemente, durch geringe Barometer- und Thermometerschwankungen aus. Dieser Umstand ermöglicht es, irgendwelches, wenn auch geringes Einwirken des herannahenden Sturmes auf den Gang der Instrumente schon zeitig zu beobachten. Das erste, schon drei bis vier Tage voraus bemerkbare Anzeichen eines nahenden Hurricane bildet ein ungewöhnliches Steigen des Barometers, erklärlich vielleicht durch die vornübergeneigte Stellung der Sturmachse. Leider ist dieses

*) Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft 159, 1908.

Zeichen, wie fast alle folgenden, nicht untrüglich, es bleibt zu Zeiten aus. Anderseits ist nicht immer, ja außerhalb der die Monate August, September, Oktober umfassenden Hurricanesaison äußerst selten mit dem Steigen des Barometers auch ein Sturm verbunden. Mit dem barometrischen Maximum ist meist trockenes schönes Wetter mit wolkenlosem Himmel von indigoblauer Farbe, mit klarer durchsichtiger Luft und einer Abkühlung verbunden, die im Durchschnitt 8° C unter das Mittel herabgeht. Auch der Taupunkt und die relative Feuchtigkeit stehen unter dem Durchschnitt.

Im weiteren Verlaufe der Sturmannäherung macht das Maximum einem Barometerminimum Platz, das meist 72 Stunden vorher allmählich einzutreten pflegt. Ungefähr 500 bis 700 Meilen erstreckt sich dieses Gebiet niederen Druckes voraus. Die Temperatur steigt allmählich, bis schließlich eine schwüle, drückende, Geist und Körper lähmende Hitze ohne Luftzug herrscht. Die Feuchtigkeit der Luft nimmt schnell zu. Hand in Hand mit ihr geht oft ein bemerkenswert klarer Zustand der Atmosphäre, so daß man nachts die Sterne glänzend auf- und untergehen sieht. Bald aber trübt sich diese klare Luft. Der Himmel überzieht sich nach und nach mit einem dichten Schleier, der sich immer mehr verstärkt und bisweilen Höfe und Ringe um Sonne und Mond erzeugt. Alle Gegenstände nehmen eine rote oder violette Färbung an, die so intensiv ist, daß der Himmel, besonders bei Sonnenuntergang, in Flammen zu stehen scheint. Sind schon vorher Wolken am Himmel gewesen, so nehmen diese jetzt olivgrünes Aussehen an, was als Zeichen eines besonders schweren Sturmes gilt. Das Meer gerät in Unruhe, schon 48—72 Stunden vorher können lange, der Richtung des Sturmes entsprechende Dünungen aus Südost und Ost auftreten.

Für die weitere Annäherung kommt jetzt das Auftreten charakteristischer Wolkenformen in Betracht, welches meist die Richtung nach dem Zentrum des Sturmes zu bestimmen gestattet. Oben im Zenith bilden sich nämlich allmählich feine Cirruswolken aus, deren Lauf in merklichem Gegensatz zu der unteren Windstille steht. Nach und nach beginnen sie den Himmel in radialer Richtung zu durcheilen; sie scheinen von einem Punkte, dem Mittelpunkte des kommenden Sturmes, auszugehen, welcher Punkt dann meist noch unter dem Horizont liegt. Sie haben eine langgestreckte, federförmige Gestalt mit faserigem Stiele oder Schaft (sogenannter Cirrus plumiformis) und zeigen oft eine Rotation wie Speichen eines Rades. Tritt diese Art von Wolken auf, so kann man sich auf einen echt tropischen Sturm von großer verwüstender Kraft gefaßt machen. Fehlen diese Cirri, so stellen sich gewöhnlich größere, kompakte, durch den milchigen Schleier schwer erkennbare Massen von Cirruswolken ein. Dann ist ein Sturm von größerem Durchmesser und bedeutenderer Höhe, mäßigen Gradienten*) und viel Regen zu erwarten.

*) Unter Gradient versteht man die in Millimetern ausgedrückte Zu- oder Abnahme des Luftdruckes, die sich ergibt, wenn man von einem Punkt einer Isobare (Linie gleichen Luftdruckes) senkrecht zu dieser horizontal um 111 Kilometer, die Länge eines Äquatorgrades, fortschreitet.

Bald nach Erscheinen dieser Cirrusvorläufer steigt gewöhnlich in einer südöstlichen Richtung des Horizonts eine dichte, schwarze, kreisabschnittförmige Wolkenbank, Kumulo-Nimbuswolken, der obere Teil des herannahenden Sturmkörpers, auf. Sie bietet auf See meist den Anblick einer fernen Küste und ist oft Hunderte von Meilen voraus zu bemerken. Elektrische Entladungen machen sich bemerkbar, Blitze von säulenförmigem Charakter schießen halmartig vom Horizont auf. Das Ohr vernimmt allmählich ein dumpfes Brausen, wie wenn der Wind durch ein Gewölbe fährt. Nach und nach nimmt der Wind eine ausgesprochene Richtung aus einem nördlichen Punkte zwischen Ost und West an, je nachdem das Sturmzentrum mehr nördlich oder südlich vom Beobachter liegt. Der Wind hat einen böigen Charakter und ist von heftigen Regengüssen begleitet. Bis zur vollen Wut des Sturmes ist dann nur noch eine kurze Spanne Zeit.

Endlich setzt dieser ein; die Windgeschwindigkeiten erreichen enorme Höhe und übersteigen oft 50 Meter in der Sekunde. Der Luftdruck sinkt sehr schnell, man hat Barometerfälle von 20 bis zu 44 Millimetern in der Stunde beobachtet. Eng gedrängt um das Sturmzentrum liegen die Isobaren, die Linien gleichen Luftdruckes, und die Gradienten erreichen ungewöhnlich hohe Werte, in einem Falle bis zu 38 Millimeter. Im Zentrum herrscht, wie bei allen diesen Drehstürmen, meist Windstille mit Aufhellung des Himmels, dem sogenannten „Auge des Sturmes". Die horizontale Ausdehnung des Sturmfeldes schwankt bei den westindischen Hurricanes zwischen 50 und 1000 Seemeilen; dabei bildet das Feld jedoch nicht, wie man eine Zeitlang fälschlich annahm, eine reine Kreisform, sondern weicht mehr oder minder von einer solchen ab. Es lassen sich übereinander fünf Wolkenschichten mit verschiedener Windrichtung unterscheiden.

Die Niederschläge, die aus diesen Wolken herabstürzen, sind an der Vorderseite eines Zyklons meist beträchtlicher als an seiner Rückseite, die Regenmengen erreichen beim Vorüberziehen eines Drehsturmes oft gewaltige Höhen: es sind solche von 319 und 585 Millimetern gemessen. Furchtbare elektrische Entladungen mit Zickzack-, Flächen- und Kugelblitzen begleiten den Regen. Häufig findet auch ein Steigen des Meeres statt, dessen Sturmwogen eine verheerende Gewalt entfalten.

Am häufigsten treten die Hurricanes im Hochsommer auf, zu der Zeit, in der der äquatoriale Kalmengürtel, dem Stande der Sonne folgend, am weitesten nach Norden liegt. Die Bahn des Sturmzentrums hat gewöhnlich die Form einer nach Osten geöffneten Parabel. Die Gegenden, in denen ein solcher Sturm seinen Ursprung nimmt, sind meist schwierig zu bestimmen, liegen aber nicht südlicher als 10° nördlicher Breite. Die geographische Länge des Entstehungsortes liegt nach den Untersuchungen für die letzten 124 Jahre für den August durchschnittlich in 62·8°, für September 61·8 und für Oktober 73·6°. Für einzelne Stürme läßt sich der Ursprung bis zu den Kapverdischen Inseln verfolgen. Die westindischen Drehstürme scheinen im Vergleiche mit den anderen tropischen die größte Geschwindigkeit der Fortbewegung zu entfalten; auf

dem ersten Aste der Bahn beträgt sie 17·5 und auf dem zweiten 20·5 Seemeilen stündlich, während an der Umbiegungsstelle die Geschwindigkeit meist geringer ist.

Zu den meteorologischen Erscheinungen, die in Nordamerika vielfach großartigere Formen als in Europa annehmen, gehören die Nordlichter. Anfang August 1909 gelangte auf der Wetterwarte des Blauen Hügels bei Boston eins zur Beobachtung, das in mehrfacher Hinsicht besonders merkwürdig war. Bedenkt man, daß Boston ungefähr in der geographischen Breite von Rom liegt und daß in Europa wohl kaum in so großem Abstand vom Pol ein beträchtlicheres Nordlicht sichtbar geworden ist, so verdient das Phänomen schon deshalb allein Beachtung.

Nach dem Berichte der Zeitschrift „Science" begann die Erscheinung kurz vor 9 Uhr abends mit der Bildung dreier getrennter Lichtflecken, von denen die beiden hellsten dem Zenith nahestanden. Zehn Minuten später vereinigten letztere sich zu einer großen bläulichgrauen Masse von ungewöhnlicher Helligkeit. Dann wechselte die Lichterscheinung mit großer Schnelligkeit von Augenblick zu Augenblick, indem die Form ziemlich dieselbe blieb, während die ganze Masse langsam nach Süden und Westen wanderte. Ungefähr drei Viertelstunden lang hatte der Hauptteil die Gestalt einer Schöpfkelle mit langem Griff, so daß die Erscheinung von vielen für einen Kometen gehalten wurde. Etwas nach $10^1/_2$ Uhr waren fünf gesonderte Lichtflecke sichtbar, die sich nach 10 Minuten zu einem unterbrochenen Bogen zusammenschlossen, der von West nach Ost fast den ganzen Himmel überspannte und mit seinem höchsten Punkte den Zenith beinahe erreichte. Nach 11 Uhr zerbrach der Bogen in einzelne Teile und um $11^1/_2$ Uhr erlosch die ganze wundervolle Erscheinung.

Eine Ursache mancher meteorologischen Erscheinung ist der Golfstrom, über den Prof. Dr. Gerhard Schott*) nach den neuesten Forschungen berichtet. An seiner Wurzel, d. h. in den Engen zwischen der Ostküste Floridas und der Westkante der Bahamariffe, gleicht der Golfstrom durchaus einem Festlandsflusse, allerdings von kolossalem Maßstabe. Wie in den Festlandsströmen liegt die Achse größter Geschwindigkeit in der Mitte oder ihr nahe, während nach den Rändern und dem Boden zu die Schnelligkeit infolge der Reibung erheblich, bis auf den achten oder zehnten Teil der Maximalgeschwindigkeit, abnimmt. Die größte Durchschnittsbewegung in der Floridastraße beträgt 1·7 Meter in der Sekunde (150 Kilometer pro Tag), steigt aber in besonderen Fällen auf 2·5 Meter in der Sekunde und übertrifft damit noch die Bewegung der Donau vor Wien bei Hochwasser. Während aber die Donau hier nur 250 bis 300 Meter breit und wenige Meter tief ist, befindet sich in der Floridaenge alles Wasser in einer Breite von 8000 Metern und bis zu Tiefen von 700 Metern in Bewegung.

Trotzdem ist es ausgeschlossen, die Wärmemengen, die man im Golfstrom weiter nördlich, z. B. schon bei Kap Hatteras beobachtet, allein aus der Floridastraße herzuleiten. Die ganz auffällige bessere Durchwärmung des Golfstromes gerade in seinem Mittellaufe kann nur durch gewaltige Zuflüsse aus den zentralen Teilen des offenen Atlantischen Ozeans, besonders aus der Sargassosee, erklärt werden, weshalb man ihn neuerdings auch nicht mit Unrecht als „Atlantischen Strom" bezeichnet. Auf dem Mittellaufe, zwischen der Südkante der Neufundlandbank und Westeuropa, verliert jedoch der Golfstrom seinen Charakter als „Fluß im Meere" völlig, wie neuere synoptische Stromkarten und Einzelbeobachtungen von Kabeldampfern zeigen. Die Verhältnisse in der Gegend des Zusammenstoßes von Golf- und Labradorstrom sind von großer Bedeutung für die Schiffahrtswege, die konventionellen Dampferrouten, mit Rücksicht auch auf Nebel- und Eisvorkommen.

Es ist jetzt nachgewiesen, daß ein — wesentlich an seinem Salzgehalt kenntlicher — Stromzweig des Golfstromes das Ärmelmeer und die Straße von Calais bis in die Hoofden hinein durchsetzt. Der andere von Nordwesten her in die Nordsee eindringende Zweig wäre im stande, für sich allein das gesamte Wasser der Nordsee innerhalb zweier Jahre zu erneuern. Wie die Zweige eines machtvoll sich ausbreitenden Baumes recken sich die verschiedenen Stromzweige des warmen „atlantischen" Wassers nach Norden (Spitzbergen), Nordosten (Barentsmeer) und Nordwesten (Nordbucht bei Jan Mayen); in die sich dazwischen bietenden Lücken hinein stoßen vom Polarbecken die Kaltwasserzungen, unter denen besonders der erst jetzt in seiner ganzen Kraft und Bedeutung erkannte ostisländische Strom Beachtung verdient. Durchweg sinkt das wärmere, aber salzreiche und darum schwerere atlantische Wasser mit zunehmender geographischer Breite in immer größere Tiefen.

Wesentlich ist ferner die Tatsache, daß der Golfstrom nicht alljährlich die gleiche Wärmemenge aufweist, sondern erheblichen nichtperiodischen Wärmeschwankungen unterliegt, die nicht parallel den von Norden kommenden Eismengen gehen; sie sind daher offenbar „immanent", d. h. eine Eigenschaft des Stromes selbst, und haben ihre Quelle wahrscheinlich schon in den Tropen. Diesen Schwankungen der Wassertemperatur parallel gehen nun, wie zahlreiche neuere Untersuchungen gezeigt haben, Schwankungen der Lufttemperatur über dem Meere, über den angrenzenden Ländern, Schwankungen in der Dauer der Schneedecke, in dem Beginn der Ackerarbeiten im Frühjahre, z. B. in Schweden usw. Dieser Parallelismus spielt sich offenbar nicht direkt, sondern unter dem vermittelnden Einflusse der über dem Golfstrome entstehenden Winde ab, und so eröffnet sich die Aussicht auf Wetterprognosen nicht von Tag zu Tag, sondern auf Vorhersagen für den Witterungscharakter längerer Zeiträume, z. B. ob kalte oder milde Winter, trockene oder feuchte Sommer zu erwarten sind usf.

Parallel mit den Schwankungen der physikalischen Zustände des Golfstromes gehen anscheinend auch die Schwankungen der Erträgnisse der großen europäischen Seefischereien. Die Wande-

*) Mitteilungen der Geogr Gesellsch., Wien, Bd. 52, 1—3.

rungen gewisser Nutzfische, z. B. der Dorsche, Heringe, scheinen abhängig vom Vorhandensein bestimmter Temperaturen und Salzgehaltsmengen des Wassers, aber wiederum nicht direkt, sondern nur insofern ihre Nahrung, das Plankton, auf die kombinierte Wirkung von Temperatur und Salzgehalt, den Faktoren des spezifischen Gewichtes des Wassers, abgestimmt ist. Auch hier kann man hoffen, mit der Zeit zu gewissen Prophezeiungen über das Eintreffen und die Verbreitung der Fischschwärme an der Hand von ozeanographischen Beobachtungstatsachen zu gelangen.

Voraussetzung zu solchen eminent praktischen Ergebnissen ist allerdings, daß wir nicht nur, wie bisher, die Verhältnisse in den Nebenmeeren des Atlantik, in der Nordsee, den norwegischen Gewässern usw. genau kennen, sondern daß auch die internationale Erforschung des offenen Atlantischen Ozeans nach denselben neuen Gesichtspunkten wie in den Nebenmeeren durchgeführt wird.

Das Antlitz der Erde.

(Geologie, Mineralogie.)

Entstehung und Alter der deutschen Mittelgebirge. * Erdkern und Erdschale. * Vulkanismus und Erdbeben. * Die Eiszeiten. * Geologisch-Mineralogisches.

Entstehung und Alter der deutschen Mittelgebirge.

Vor dem Interesse, das die Entstehungsgeschichte des europäischen Rückgrates, der Alpen, überall erweckt, müssen naturgemäß die bescheideneren deutschen Berglandschaften in den Hintergrund treten. Nachdem wir jedoch den Alpen im vorhergehenden Jahrbuche (Jahrg. VII, S. 59) eine eingehende Betrachtung gewidmet haben, mögen auch die neueren Forschungen über die geologische Geschichte unserer Mittelgebirge kurz zu Worte kommen. Können sie sich auch an Höhe und Ausdehnung mit den Alpen nicht messen, so stehen sie ihnen doch, wie sich zeigen wird, an ehrwürdigem Alter beträchtlich voran.

In einer Arbeit über „Das Alter der deutschen Mittelgebirge" geht Prof. H. Stille*) besonders auf die Gebirgsbildung vor der tertiären Epoche ein. Wenn z. B. der Harz heute noch in weitesten Kreisen als hauptsächlich in junger Tertiärzeit herausgehoben gilt, so beweist er, daß die ganze jungtertiäre Heraushebung dieser Gebirgsmasse nur der Nachklang einer viel bedeutenderen älteren Heraushebung ist, und vertritt weiter die Ansicht, daß der heutige Bau der nordwestdeutschen Gebirge nur durch einen mehrfach wiederholten Gebirgsbildungsvorgang zu erklären sei, in dem sich mindestens vier Hauptphasen unterscheiden lassen. Bisher glaubte man, daß gleich den großen europäischen Kettengebirgen, den Alpen, Karpathen, Pyrenäen u. a., auch die deutschen Mittelgebirge am Ausgang der Tertiärepoche, vor Beginn der diluvialen Eiszeit, aufgerichtet seien, während das davorliegende Zeitalter des Mesozoikums, das Mittelalter der Erde, eine Zeit völliger Ruhe in der Erdkruste gewesen sei. Die neueren Forschungen ergeben das Gegenteil.

Die Gebirgsstörungen oder Verwerfungen (Dislokationen), welche die Grundlage dieser Untersuchungen bilden, haben folgenden Ursprung. Bei der Aufrichtung von vorher flach und gleichmäßig übereinander gelagerten Gesteinsschichten zu Gebirgen löst sich die in der Erdrinde herrschende Spannung an vielen Stellen plötzlich und gewaltsam durch Zerreißen und Zerbrechen der Schichten aus. Es entstehen Risse, die sich oft kilometerweit fortsetzen und an denen sich die zerbrochenen Teile, Gebirgsschollen, sowohl wagrecht wie senkrecht oft um Hunderte von Metern gegeneinander verschieben. Solche vertikale Verschiebungen oder Verwerfungen finden sich besonders im Gebiete der Mittelgebirge in beträchtlicher „Sprunghöhe" vor. Die spätere zerstörende und abtragende Tätigkeit des fließenden Wassers mildert und glättet zwar die durch solche Gebirgsverschiebungen entstandenen schroffen Niveauunterschiede in der Oberflächengestaltung, aber der einmal geschaffene Gegensatz zwischen gehobenen und stehengebliebenen beziehungsweise gesenkten Gebieten bleibt doch mehr oder weniger erhalten. Nur in den Fällen, wo die unsere Mittelgebirge nach ihrer Erhebung überflutenden Meere, vor allem das Meer der Kreidezeit, mit ihrer abschleifenden Brandungswoge stärkere Abtragungen bewirkten, entstanden gleichmäßig ausgeebnete Territorien; hier traten dann die zuvor stattgefundenen Schollenverschiebungen nicht mehr äußerlich hervor und die neuen Meeresablagerungen breiteten sich gleichmäßig über die verschiedenartigen und verschiedenaltrigen Gesteinsschichten hinweg aus.

Unser an solchen Störungen und Verwerfungen überaus reiches deutsches Mittelgebirge kennzeichnet sich nicht selten als ein in lauter einzelne Schollen zerrissenes „Schollengebirge". Die Störungen verlaufen hauptsächlich in nordwestlicher und südnördlicher Richtung; ein drittes, in nordöstlicher Richtung verlaufendes Bruchsystem ist ausschließlich auf die paläozoischen Faltenkerne des Harzes, Thüringer Waldes und rheinischen Schiefergebirges beschränkt und gehört einer ältesten Gebirgsfaltung an, die sich vor Ablagerung der unsere übrigen Gebirge zusammensetzenden mesozoischen Schichten vollzog.

Da an derartige Zerrüttungszonen der Erdkruste vielfach die tertiären Schichten, z. B. die Braunkohlen und die sie begleitenden Sande, gebunden

*) Zentralblatt für Mineral., Geolog. und Pal., 1909, Nr. 9. Dazu über dasselbe Thema Dr. O. Grupe in die Umschau, XIII (1909), Nr. 32.

sind, so zog man daraus den Schluß, daß die Gebirgsfaltung und die sie begleitenden Störungen erst nach Ablagerung dieser Tertiärgebilde erfolgt seien. Prof. Stille erkannte das Irrtümliche dieser Schlußfolgerungen und wies durch Untersuchungen am südlichen Teutoburger Walde (Eggegebirge) das Auftreten älterer Dislokationen und ihre weit größere Bedeutung für den Gebirgsbau zum erstenmal nach. Er zeigte, daß die Störungen, welche den Bau des Eggegebirges bestimmen, entweder überhaupt nicht in der Kreide, die dort das jüngste Schichtenglied bildet, sondern in den darunter liegenden älteren Schichten, dem Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Jura, aufsetzen, oder daß diese Störungen doch wenigstens, soweit sie in die Kreidedecke hineinreichen, an Sprunghöhe ganz erheblich verlieren. Daraus schloß er mit Recht, daß der eigentliche Gebirgsbildungsvorgang des Eggegebirges sich vor der Kreidezeit ereignet habe, daß es sich dagegen bei den Verwerfungen in der Kreide nur um abermalige, verhältnismäßig geringe Verschiebungen längs den schon vorhandenen Spalten in späterer Zeit handle. Das vor Beginn der Kreidezeit so aufgefaltete Eggegebiet wurde dann aber durch das bald darauf hereinflutende Kreidemeer großenteils wieder abgeschliffen und eingeebnet, und es legten sich demzufolge die Ablagerungen dieses Kreidemeeres über die verschiedensten aufgerichteten und zum Teil stark gestörten älteren Schichten gleichmäßig hinweg, wie Stille es an einer Skizze des „Westheimer Abbruches" zeigt, wo infolge der Abtragung durch das Kreidemeer zwischen dem Buntsandstein und der Kreide sämtliche Glieder des Muschelkalkes, Keupers und Jura fehlen.

Betrachtet man den am südlichsten Teutoburger Walde gelegenen „Westheimer Abbruch" oberflächlich, so würde man ihn nach der Verwerfung der Kreideschichten kurzweg als nachkreidezeitlich (postcretacisch) bezeichnen. Vergleichen wir nun aber die Sprunghöhe in der Kreide mit derjenigen in den ihr unterlagernden Buntsandsteinschichten, so ergibt sich, daß die oben in der Kreide etwa 30 Meter betragende Sprunghöhe innerhalb des Buntsandsteins plötzlich auf etwa 350 Meter anschwillt. Da nun eine einmalige Verwerfung nicht zwei verschiedene Sprunghöhen erzeugen kann, so ergibt sich daraus erstens, daß an ein und derselben Verwerfungsspalte (V—V) zwei Verschiebungen erfolgt sind, und zwar eine vor und eine nach Ablagerung der Kreide, und zweitens, daß die spätere Verschiebung nur eine verhältnismäßig unbedeutende nachträgliche Erscheinung an einer hauptsächlich vor der Kreidezeit erfolgten Verwerfung ist.

Zu entsprechenden Ergebnissen kam auch Dr. O. Grupe*) in dem benachbarten südhannoverschen und braunschweigischen Gebiete, im Solling und seinem weiteren Vorlande. Hier fand das hereinbrechende Tertiärmeer bereits das früher gefaltete Buntsandsteingebirge des Solling vor, das es, ohne in diesem Falle bedeutendere Abtragungen zu vollziehen, überflutete und unter seinen Ablagerungen begrub. Durch die am Ausgange der Tertiärzeit von neuem und meist längs der vorhandenen Bruchlinien des Gebirges einsetzenden Krustenbewegungen wurden dann tertiäre Schichten verschiedentlich in die Tiefe versenkt und blieben dort bis heute erhalten, während sie auf den Buntsandsteinhöhen, ihrer ursprünglichen Ablagerungsstätte, fast überall durch die zerstörende Tätigkeit des fließenden Wassers völlig fortgewaschen sind. So sind die tief eingesenkten, von mächtigen Sanden und Braunkohlen erfüllten Täler des Sollings entstanden.

Ebenso haben die Untersuchungen Schröders erwiesen, daß die Heraushebung des Harzes und die Aufrichtung seiner nördlichen Vorberge bereits



Zweimalige Verschiebung am Westheimer Abbruche, schematisch. V—V Verwerfungslinie.

in der jüngeren Kreidezeit längst vor Beginn der Tertiärzeit größtenteils vollendet war.

Nun gehören die in diesen verschiedenen Gebieten nachgewiesenen älteren Gebirgsstörungen nicht einer und derselben Epoche an, sondern stellen verschiedenaltrige Phasen der Gebirgsbildung seit Beginn des Mittelalters der Erdgeschichte dar. Nach Stille sind, ganz abgesehen von den jungpaläozoischen, also noch älteren Faltungen, mindestens vier Hauptphasen zu unterscheiden, nämlich:

1. die jungjurassische (präcretacische), die z. B. im holländisch-westfälischen Grenzgebiete, am Eggegebirge und im Hannoverschen nachgewiesen ist;

2. die vor- beziehungsweise frühsenone (die der Kreidezeit), die zur Heraushebung des paläozoischen Kernes des Harzes führte und in die auch der erste Anfang der Faltung des Osning fallen dürfte;

3. die alttertiäre (voroligozäne), in der die Heraushebung des Osning hauptsächlich erfolgte, und die nach Untersuchungen an verschiedenen Stellen für den Aufbau unserer Mittelgebirge ganz besondere Bedeutung gehabt zu haben scheint; bisweilen läßt sich das ganz genaue Alter dieser älteren Störungen nicht ermitteln, sie können auch manchmal älter, als angenommen, sein;

*) Jahrb. der königl. preuß. geol. Landesanst., 1908.

4. die jungtertiäre (postmiozäne) Phase. Letztere, so hochbedeutsam sie auch anderwärts, z. B. im Alpengebiete, in Erscheinung tritt, kommt bei den mitteldeutschen Gebirgen kaum als eigentliche neue Gebirgsbildung, sondern vielfach nur noch durch Wiederaufreißen der vorhandenen älteren Spalten und gelegentliche Einbrüche tertiärer Schichten innerhalb des bestehenden Gebirges zum Ausdrucke.

So war also zur Zeit, da die Alpen ihre Hauptauffaltung erfuhren, das heutige tektonische Bild des mitteldeutschen und nordwestdeutschen Untergrundes wenigstens in seinen Grundzügen fertig. Weit früher als die Auffaltung des Alpengebietes erfolgte auch die Heraushebung des rheinischen Schiefergebirges, die der Hauptsache nach in der jungjurassischen Epoche geschah, nicht zur jüngeren Tertiärzeit, wie man lange Zeit annahm. Zwar ist auch hier noch eine Hebung in jungtertiärer Zeit erfolgt, aber diese ist ziemlich bedeutungslos gegenüber der älteren Heraushebung, die Prof. Stille in den Ausgang der Jurazeit verlegt. Auch die Heraushebung des Vogesenhorstes dürfte am Ende der Jurazeit begonnen haben.

Schon Marcel Bertrand hat 1892 für das französische Zentralplateau, die normannisch-bretonische Masse und das alte Gebirge westlich des Londoner Beckens die Heraushebung über die angrenzenden Senkungsfelder in überzeugendster Weise als einen zusammenhängenden Vorgang dargestellt, der sich hauptsächlich zwischen Jura- und Kreidezeit vollzogen habe. Wie die normannisch-bretonische Masse nach Westen, das Zentralplateau nach Süden, so umrahmt das rheinische Schiefergebirge nach Osten das Senkungsfeld des „Pariser Beckens". Auch das Schiefergebirge ist eine alte „Masse" im Sinne des normannisch-bretonischen, des böhmischen und des französischen Zentralplateaus, wenn wir als „Masse" einen Komplex vor- beziehungsweise frühpermisch gefalteten Grundgebirges inmitten jüngerer und weithin dagegen abgesunkener Schichtkomplexe bezeichnen. Der Gegensatz der alten „Massen" und der an sie angrenzenden und zwischen ihnen liegenden „Niedergebiete" ist das Grundlegende im Aufbau des außeralpinen Mitteleuropas. Diesen Gegensatz schuf, nach dem Vorhergesagten, zu einem wesentlichen Teile die vorcretacische oder jungjurassische Gebirgsbildung und jüngere gebirgsbildende Vorgänge verstärkten ihn. Der Verlauf des Alpenbogens ist nach allgemeiner Auffassung durch die nördlich liegenden alten Massen bestimmt, an denen eine Stauung der sich faltenden und nordwärts schiebenden Massen stattfand, und das erscheint verständlicher unter der Annahme, daß die alten Massen bei der Alpenfaltung bereits als solche vorhanden waren, als unter der Annahme, daß sie erst mit der Alpenfaltung zugleich herausgehoben wurden.

Wenden wir uns nun von diesen allgemeinen Betrachtungen noch zu einem von Erich Hoehne*) kürzlich dargelegten Beispiel deutscher Gebirgsbildung, der Entstehung des sächsischen Erzgebirges und Granulitgebirges. Beide bilden ihrer Lage nach Ellipsen, deren große Achse im variszischen Streichen liegt, d. h. Südwest-Nordost streicht. In der Hauptsache stellen sie ein plateauartiges Gebilde dar, das aus stark abgetragenen Falten altpaläozoischer Schichten besteht. Über diese haben sich dann oftmals übergreifend Ablagerungen von oligozänen Braunkohlengesteinen gelegt. Nach Sachsen zu ist der Abfall ein ganz allmählicher, in das sächsische Becken sich verflachender, während das Erzgebirge nach Böhmen zu mit einem jähen Absturz abbricht, indem seine Fortsetzung infolge einer riesenhaften Verwerfung zur Zeit des Tertiärs in die Tiefe abgesunken ist und ein großes Senkungsfeld bildet, in dem sich die berühmten böhmischen Braunkohlenablagerungen befinden. Den Kern beider Gebirge bilden Gneise beziehungsweise Granulite, während sich Glimmerschiefer und Phyllite in ellipsenförmigen Ringen um den Kern herumlegen. Das Erzgebirge wird von einer großen Reihe von Spalten durchsetzt, die zwei verschiedenen Systemen angehören und teils in der variszischen Richtung verlaufen, teils von Nordwest nach Südost streichen und dann jünger als das mittlere Rotliegende sind. Diese Spalten wurden zum Teil von emporddringenden Eruptivgesteinen, wie Porphyr, Porphyrit, Melaphyr und anderen ausgefüllt, zum Teil aber auch durch Ausscheidung aufsteigender Quellen mit hydatogenen (durch Absatz aus Wasser entstandenen) Mineralien und Erzen erfüllt.

Ob nun die den Kern der beiden Bergzüge bildenden Gneise vulkanischen beziehungsweise plutonischen oder ob sie neptunischen Ursprungs seien, diese Frage war lange viel umstritten und scheint erst in neuester Zeit durch die Untersuchungen Credners und Gäberts endgültig gelöst zu sein. Letzterer faßt in seiner Untersuchung über die Gneise des Erzgebirges und ihre Kontaktwirkungen die Sedimente (Ablagerungsgesteine) des Gebirges als gewissermaßen in dem Gneise schwebende Schollen auf, die die Reste eines ehemaligen Schiefergebirges sind. In dieses drang von unten her das Gneismagma (Gneis in feurigflüssiger Form) ein, wobei die Schiefer in ihre einzelnen Platten und Blättchen zerlegt wurden, in die das Magma sich als Lagergänge eindrängte. Gleichzeitig nahm es hiebei eine mit der Schieferschichtung gleichlaufende, ausgezeichnete Parallelstruktur an.

Für den Aufbau dieser beiden Gebirge nimmt man also jetzt das Vorhandensein von Lakkolithen *) an; das sie bildende empordringende Magma hatte bei der Eruption nicht die Kraft, den gewaltigen Druck des darauf lastenden Schiefergebirges zu überwinden und dieses zu durchbrechen, sondern vermochte nur in das Liegende der Schichten einzudringen und diese zu durchsetzen, wobei einzelne Sedimentschollen des berührten Gesteins sich loslösten und die erwähnten sedimentären Einlagerungen ergaben. Daß die Lakkolithen wirklich vorhanden waren, bewies auch der Umstand, daß diese Einlagerungen nach dem Innern zu seltener werden und in dem zentralen Teile gänzlich verschwinden.

*) Naturw. Wochenschrift, VIII (1909) Nr. 24.

*) Unter Lakkolithen versteht man große, brot- oder kuchenförmige, zwischen andere Gesteine eingeschobene Eruptivmassen.

Die bei der Berührung des Schiefers mit dem empordringenden Magma entstehende Umwandlung des ersteren war naturgemäß eine höchst intensive; es wurde ein großartiger Kontakthof erzeugt, dessen innere Zone Glimmerschiefer mit Intrusivlagern und dessen äußere Zone Phyllite*) bilden, und zwar so, daß zwischen den einzelnen Kontaktzonen allmähliche Übergänge stattfinden, wobei schließlich die Phyllite nach außen hin langsam in unveränderte Tonschiefer übergehen. Nach außen zu nimmt dann auch die Kristallinität und die Fülle der Kontaktmineralien, wie Granat, Andalusit, Glimmer und Feldspatarten ab, allmählich in die Phyllitformation übergehend. Deren Liegendes bilden nach Gäbert Albit- und Quarzphyllite, die dann schließlich immer tonschieferhaltiger werden und schließlich in normale paläozoische Tonschiefer übergehen.

Ebenso wie im Erzgebirge liegen nach Credners Untersuchungen die Verhältnisse in dem Granulitgebirge, das ja dem ersteren der Entstehung nach verwandt ist. Der Granulit ist mit dem Gneis dem Stoffe nach zum mindesten verwandt, wenn nicht gar bisweilen identisch, und unterscheidet sich wesentlich nur durch seine Korngröße und in seinem Habitus, abgesehen von einigen Eigentümlichkeiten der mineralischen Zusammensetzung.

Für das Alter der beiden Gebirge sind folgende Erwägungen maßgebend. Im Granulitgebirge wurde durch den Lakkolithen das Altpaläozoikum (Schiefergesteine) einschließlich des Mitteldevons mit seinen Diabasen und Diabastuffen in Gestalt einer Kuppel aufgewölbt, wobei die Kontaktmetamorphose, die Umwandlung als Folge der Berührung der Sedimentschichten mit dem empordringenden Magma, eine Menge neuer Gesteinsarten schuf. Diese Vorgänge müssen in jüngstdevonischer Zeit stattgefunden haben. In der darauf folgenden unteren Steinkohlenzeit begann die Denudation (Abnützung und Abtragung durch fließendes Wasser und atmosphärische Einwirkung) der emporgewölbten Schieferkuppel, indem gleichzeitig die hiebei zerkleinerten Schiefer zum Aufbau eines Konglomerats dienten, das, wie jetzt feststeht, dem Kulm (ältester Steinkohlenzeit) angehört. Hierauf folgte während des ganzen Karbons und Perms eine unaufhörlich weitergreifende Denudation, die schließlich den Kern freilegte und anfing, auch diesen immer mehr abzutragen, wobei das zerstückelte Material wieder zum Aufbau eines Konglomerats, nämlich desjenigen der produktiven Steinkohlenformation und des Rotliegenden, beitrug.

Schwieriger als beim Granulitgebirge ist die Altersbestimmung beim sächsischen Erzgebirge. Ersteres, als metamorphosiertes Gebirge mit seiner jungdevonischen Entstehung ist jedenfalls das älteste. Als bei ihm bereits im untersten Kulm die Denudation begann, trat in dem danebenliegenden heutigen Erzgebirge die Aufwölbung durch den Gneislakkolithen ein und so sind die erzgebirgischen Gneise relativ nicht viel älter als die in ihrer Kontaktzone aufsetzenden Granitstöcke, der Eibenstock und der Granitstock von Kirchberg, deren eruptive Entstehung man in die Zeit zwischen der oberen Steinkohlenformation und dem Rotliegenden legt.

Sieht man ferner auch noch die Eruption des Granits aus dem Thüringer Walde, die Scheibe für nachkulmisch hält, heran, so hat man eine ganze Kette von Lakkolithen und Stöcken vom Granulitgebirge her südwärts und dann westlich umbiegend nach dem Thüringer Walde zu, wobei auffallenderweise die Bildungen nicht gleichzeitig stattfanden, sondern die eruptive Tätigkeit und das jedesmalige Aufwölben des folgenden Lakkolithen oder Stockes erst vor sich ging, wenn die Denudation des vorher entstandenen schon längst angefangen hatte.

Daß sich die Entstehung und Aufwölbung des Granulitgebirges und des sächsischen Erzgebirges durch die Lakkolithen bereits vor der Zeit der oberen Steinkohlenformation vollzogen haben muß, beweist u. a. auch die elliptische Gestalt der beiden Gebirge. Ursprünglich waren sie als runde Kuppeln emporgewölbt worden, und bei der variszischen Faltung, die im Oberkarbon stattfand, wurden sie mitgefaltet, so daß aus der kreisrunden Kuppel eine ellipsenförmige wurde, deren große Achse nun das variszische Streichen (Südwest-Nordost) zeigen muß. Die Granitmassive, die erst nach dem Falten zum Durchbruche gelangten, mußten natürlich ihre runde Gestalt behalten. Faßte man früher diese beiden Gebirge als Sättel der archäischen Formation, des Grund- oder Urgebirges der Erdkruste, auf, so muß diese Auffassung jetzt verworfen werden zu Gunsten der Erklärung, daß sie durch Lakkolithen entstanden sind, welche die paläozoischen Schiefergesteine kuppelförmig emporgewölbt haben und jetzt infolge der schon sehr weit fortgeschrittenen Entblößung mitsamt ihren Kontakthöfen sichtbar geworden sind.

Erdkern und Erdschale; der Vulkanismus.

So wichtig die eben berührten und ähnliche Hebungen und Abtragungen auch für die Welt der Organismen auf der Erdoberfläche sind, sie schrumpfen doch zu einer äußerst geringfügigen Größe zusammen, sobald wir den Blick auf das große Ganze, besonders auf das immer noch so geheimnisvolle Innere der Erdkugel richten. So viele Tänze und Beschwörungen der menschliche Verstand auch vor diesem verschleierten Bilde aufführt, die Erdgöttin will den Schleier nicht fallen lassen, ja nicht einmal einen Zipfel lüften. Daher die großen Widersprüche in den Ansichten der Geophysiker und Astronomen hinsichtlich der Beschaffenheit des Erdinnern.

Der greise Astronom Flammarion vertrat kürzlich die Annahme, daß die Hauptmenge des Erdinnern unmöglich feurig-flüssig sein könne, da sie alsdann, wie Lord Kelvin auch einmal behauptet hat, den Gesetzen von Ebbe und Flut gehorchen müßte, dem Drucke einer solchen inneren Flut aber selbst eine feste Kruste von 100 Kilometern Dicke nicht widerstehen könnte. Nach Lord Kelvins Theorie läge die Härte des Erdinnern zwischen der des Glases und der des Stahles, die

*) Phyllit ist ein Mittelglied zwischen Tonschiefer und Glimmerschiefer, sozusagen ein stärker kristallinisch entwickelter Tonschiefer, bestehend aus meist sehr kleinen Partikeln eines hellen Glimmers und Quarz mit zahlreichen anderen mineralischen Einlagerungen.

Hauptmasse des Planeten wäre also völlig fest. Eine Bestätigung dieser Ansicht sieht Flammarion durch die neuere Erdbebenforschung gegeben. Bekanntlich pflanzt sich, wie die Seismogramme (s. Jahrb. VII, S. 71, Abb.) beweisen, ein Bebenstoß von seinem Entstehungsherd bis zum gegenüberliegenden Punkt der Erdoberfläche mit der beträchtlichen Geschwindigkeit von mehr als 14 Kilometern in der Sekunde durch das Erdinnere fort, während die längs der Erdoberfläche fortschreitenden Erdbebenwellen beträchtlich langsamere Bewegung zeigen. Eine Geschwindigkeit von 14 Kilometern in der Sekunde übertrifft aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Stoßes in einer Flüssigkeit bei weitem, muß also in einem festen Erdinnern begründet sein. Da dieser Erdkern die Stöße mit so großer Geschwindigkeit fortpflanzt, so läßt sich annehmen, daß Festigkeit und Elastizität des Erdinnern außerordentlich hoch sind und die des Stahles beträchtlich übertreffen.

Anderseits hat der Physiker Reyer und nach ihm Guenther längst darauf hingewiesen, daß man auch ohne die Annahme eines wirklich festen Kerns auskommen könne. Nach der Tiefe zu muß, nach ersterem, der Druck stärker anwachsen als die Temperatur, so daß schließlich die ausdehnende Kraft der Wärme in bestimmter Tiefe durch den Druck besiegt wird. Von dieser Tiefe an bis zum Erdmittelpunkte muß das Innere sich wie eine feste Masse verhalten, bei der allerdings jede Verminderung des Druckes den starren Zustand wieder aufheben würde. Ähnliches vertritt die sogenannte Kontinuitätstheorie Guenthers, die einen allmählichen Übergang durch alle Aggregatzustände, vom festen in der Erdrinde durch den flüssigen bis zum gasförmigen mit einer Temperatur des Zentrums von 100.000° fordert. Bei dieser Hitze seien zwar alle Stoffe in Atome aufgelöst, verhielten sich aber trotzdem infolge des außerordentlich großen Druckes wie ein starrer unbeweglicher Körper. Mit der schnellen Fortpflanzung der Erdbebenwellen durch das Erdinnere läßt sich auch diese Annahme in Einklang bringen.

Auch die neueren Untersuchungen und Spekulationen, die neben dem mit der Tiefe zunehmenden Drucke noch einen anderen Faktor, die Radioaktivität der Erdkugel, in Rechnung stellen, schaffen kein klares Bild. Die Ergebnisse werden ganz verschieden, je nachdem man annimmt, daß die Radioaktivität im ganzen Erdkörper in gleichem Maße verbreitet ist wie auf der Erdoberfläche, oder daß sie nur auf die Erdschale beschränkt ist. Die durch den Zerfall der radioaktiven Elemente erzeugten Wärmemengen (s. dazu den Abschnitt „Die Radiumforschung") wären je nach der Mächtigkeit der radioaktiven Außenschale im stande, an der unteren Grenze dieser Schale eine Maximaltemperatur von 350 bis 5000° zu erzeugen. F. von Wolff, der die vulkanischen Kräfte mit Rücksicht auf die radioaktiven Vorgänge in der Erde betrachtet,*) hält, bei einem „inaktiven" Zustand des Erdkerns, weiter abwärts zunächst ein Absinken des Wärmegrades für recht wahrscheinlich. Da vulkanische Laven Temperaturen von etwa 1000° haben, so darf man für die sie speisenden Magmaherde unter Anrechnung des Wärmeverlustes beim Emporquellen der Lava vielleicht 2000° Hitze annehmen, falls nicht der dort schon herrschende Druck den Schmelzpunkt erhöhen würde. Vor Erreichung des maximalen Schmelzpunktes, der in etwa 150 bis 200 Kilometer Tiefe liegen soll, würde es nach v. Wolffs Berechnung schon einmal zur Einschmelzung der Gesteine und damit zur Bildung einer Magmaschicht in etwa 50 Kilometer Tiefe kommen. Zwischen diesen beiden Schmelzzonen wäre eine feste kristallisierte Kugelschale anzunehmen, eine Annahme, zu der auf Grund ganz anderer Überlegungen auch schon andere Forscher gekommen sind.

*) Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch. (1908), Heft 4.

Auf festeren Boden gelangen wir, wenn wir uns auf die Erdkruste allein beschränken. Über die Unvollkommenheiten im Gleichgewichtszustand der Erdschale, die sich durch das Abweichen vom Normalwert der Schwere verraten, berichtet Prof. R. Helmert, der Direktor des geodätischen Instituts und des Zentralbureaus für internationale Erdmessung.*) Die verschiedene Größe der Schwerkraft über verschiedenen Zonen der Erde hat zuerst zu der Annahme geführt, daß die Erde keine vollkommene Kugel ist. Für jeden Punkt der Erdoberfläche läßt sich ein Normalwert der Schwere berechnen, d. h. der Fallbeschleunigung, die dort ein im luftleeren Raume fallender Körper in jeder Sekunde erleiden würde. Dieses normale Verhalten der Schwere, das sich besonders auch bei Untersuchungen auf dem Meere gezeigt hat und die Grundlage der Lehre vom Gleichgewichtszustand (der Isostasie) der Erdschichten bildet, erleidet jedoch mancherlei Abweichungen lokalen oder regionalen (größere Gebiete umfassenden) Charakters, Abweichungen, die durch lokale oder regionale Störungen der Lagerung der Massen in den äußeren Erdschichten erklärt werden. Da nun diese Erdkruste mit dem Erdinnern in hydrostatischem Gleichgewicht sein soll, so muß sich unterhalb der Erdkruste eine Niveaufläche angeben lassen, auf welcher der Druck der darüberlagernden Massen für die Flächeneinheit überall gleich ist. Es müßten sich dann alle Störungen aus Höhenstörungen der Lagerung der Massen über dieser „Ausgleichsfläche" erklären lassen. Dies ist aber nicht immer möglich, man muß für manche Fälle auch Horizontalverschiebungen der Krustenmassen annehmen.

Es gibt eine Reihe systematischer Abweichungen von dieser Hypothese, die in Beziehung zu den äußeren Formen der physischen Erdoberfläche stehen. Ihre Gebiete sind die kleinen ozeanischen Inseln, die Nähe der Steilküsten des Meeres, die allgemeinen Erhebungen des Festlandes über das Meeresniveau, endlich die Berggipfel und Gebirgstäler beziehungsweise Gebirgsfüße.

Die Inseln zeigen eine zu große Schwere. Bei ihnen ist zwar eine gewisse Massenhäufung anzunehmen, die Hauptvergrößerung der Schwere wird aber durch das Herantreten der Inselmasse aus

*) Sitzungsber. der Kgl. preuß. Akad. der Wiss., 1908, Heft 44.

der Kruste hervorgebracht. Am größten ist die Wirkung bei Inseln von ganz geringer Landmasse, weil hier die Wirkung der Steilhänge noch zu der der Inseln hinzukommt. Das genügt jedoch nicht bei den Hawaii-Inseln, wo eine beträchtliche Massenanhäufung stattgefunden haben muß, da die Schwerestörung hier rund 0·250 Zentimeter beträgt. Bei Korsika, Sizilien mit Ausnahme des Ätnagebietes und Kalabrien dürfte dagegen der größte Teil der Schwerestörungen durch die Erhebung der Massen aus der Tiefe zu erklären sein.

An den Steilküsten der Festländer muß eine positive Schwerestörung bestehen, die sich zu durchschnittlich 0·036 Zentimeter bestimmen läßt. Über dem Fuße eines Kontinentalsockels läßt sich dagegen eine negative Störung erkennen. Auf dem Lande erzeugen nur die Berggipfel und Gebirgstäler Störungen, erstere positiver, letztere negativer Art. Am Rande großer Erhebungen, z. B. des zentralasiatischen Hochlandes, müssen ähnliche Erscheinungen wie an den Steilküsten der Festländer, und zwar in verstärktem Maße, auftreten. Demgemäß besteht z. B. nördlich von Kalkutta am Fuße des Himalaya eine Abweichung von —0·128 Zentimetern, im Gebirge selbst aber, 50 Kilometer von seinem Fuße entfernt, eine Fallbeschleunigung von 0·199 Zentimetern.

Horizontale Verschiebungen zeigten sich zuerst deutlich in den österreichischen Alpen und Karpathen, wurden dann auch in den Schweizer Alpen und in Italien nachgewiesen. In Zentralasien ist im Gebiete vom oberen Amu und Syr bis zum Pamirplateau für einen Streifen von 500 Kilometern Breite und der dreifachen Länge eine Störung von —0·106 Zentimetern nachgewiesen, die selbst auf der Höhe des Pamir noch 0·068 Zentimeter beträgt. Hier müssen Massen fehlen, die vielleicht durch einen Teil der Massen des tibetanischen Hochlandes ausgeglichen werden; doch wären dazu Horizontalverschiebungen von Tausenden von Kilometern anzunehmen. Auch andere Teile Asiens zeigen negative Störungen, während hervorragend positive Gebiete, abgesehen von der küstennahen Gegend und Japan als Insel, fehlen.

Dagegen herrscht in weiten Gebieten Europas positive Abweichung vor. So zieht sich z. B. ein mindestens 1000 Kilometer breiter und mehr als viermal so langer Streifen von England bis zum Ural. England, Schottland, Dänemark und Norddeutschland von 8° bis 16° östlicher Länge zeigen eine Abweichung von +0·040, Bornholm eine solche von 0·058, das Uralgebiet eine von 0·070 Zentimetern. Harz und Riesengebirge sind nicht im geringsten unterirdisch ausgeglichen, die Abweichung beträgt hier +0·140 Zentimeter. Nördlich davon, z. B. in Norwegen, scheinen negative Störungen vorzuwiegen.

So liegen also in der Erdrinde Massenanhäufungen und Fehlbeträge vor, die Schichten von mehreren hundert Metern Dicke entsprechen und Abweichungen von der oben angeführten Hypothese darstellen. Diese Dicke ist zwar im Vergleiche zur Mächtigkeit der Erdkruste sehr gering; es fragt sich aber dennoch, ob zur Herstellung des Gleichgewichtes die Annahme einer etwa 30 Kilometer starken Kruste ausreicht, die auf einer sehr nachgiebigen Magmaschicht ruht. Vielleicht ist auch eine weit stärkere Kruste anzunehmen oder es ist für die Magmaschicht elastischer (nicht hydrostatischer) Widerstand vorauszusetzen, der erst im Laufe einer vielhundertjährigen Beanspruchung zum Weichen gebracht wird. Wenn das letztere richtig ist, so wird eine Niveaufläche mit überall gleichem Drucke sich überhaupt nur annäherungsweise, bald höher, bald tiefer, in einiger Tiefe unter der festen Erdrinde finden.

Vulkanismus und Erdbeben.

Nach den bisherigen Erdbebentheorien ist die Schrumpfung des Erdinnern durch Abkühlung und der ruckweise Ausgleich der dadurch entstehenden Spannungen im Felsgerüste der Erde die Hauptursache der sogenannten tektonischen Beben. Gestützt auf die oben angeführte (Pratt-Helmertsche) Hypothese von der isostatischen Lagerung der Erdrinde und auf die neueren Radiumforschungen, welche eher eine Zu- als eine Abnahme des Wärmevorrats der Erde nahelegen, bezweifelt Dr. H. Rudolph, daß der Erdkern noch weiter zusammenschrumpfe, und legt eine andere mögliche Ursache der Erdbeben dar, welche die Prüfung der Geologen verdient.*)

Dr. Rudolph leitet die Erdwärme aus den elektrischen Magnetisierungsströmen der Erde her, die nach seiner Ansicht in beträchtlicher Stärke vorhanden sein müssen, da es keine Möglichkeit gibt, die kräftige Magnetisierung der Erde auf andere Weise zu erklären. Diese Annahme bringt allerdings eine neue Schwierigkeit mit sich, indem dann der Wärmequellen im Erdinnern noch mehr wären und sich noch weniger angeben ließe, wohin denn eigentlich diese unausgesetzt erneuten Wärmemengen verschwinden. Denn durch Wärmeleitung nach außen wird nur ungefähr so viel abgeführt, wie die hypothetischen Heizströme entwickeln würden.

Es bleibt der Ausweg, auf das von E. Sueß sogenannte juvenile Wasser zurückzugreifen, das, durch viele heiße Quellen zu Tage gefördert, zum erstenmal auf der äußeren Rinde des Erdballes erscheint. Nach Sueß geht es aus der Entgasung des sich abkühlenden Erdkerns hervor. Vielleicht kommt man der Wahrheit noch näher, wenn man einfach Kondensationswasser dafür sagt und die Frage nach dem Orte, wo die Verdampfung stattgefunden haben könnte, einstweilen bei seite läßt. Dieses Kondensationswasser, das in der Nähe der geheizten Leitungsbahnen verdampft wurde, bewirkt nach Art einer Dampfheizung in grandiosem Stile die ziemlich gleichmäßige Durchwärmung der Erdkruste und durch die Mitwirkung der Dampf- und Wasserzirkulation neben der Leitung eine viel raschere Abführung der entwickelten Wärmemengen nach außen, als solches bei bloßem Durchtritte der Wärme durch die Erdrinde nach Art eines elektrischen Stromes mit gegebenem Gefälle geschehen würde.

Bis zu den magmatischen Tiefen, in denen die Leitungsbahnen der Magnetisierungsströme des

*) Gaea, Bd. 45, Heft 2.

Erdballes voraussichtlich liegen und aus welchen die meisten Stöße bei Erdbeben ihren Ursprung nehmen, gelangt das Wasser nun offenbar durch solche Spalten, Kanäle und Bruchlinien, wie sie der Geologe überall nachzuweisen vermag und von denen auch bisher schon in stark dislozierten Gebieten eine Erstreckung bis zu großen Tiefen ins Felsgerüst der Erde hinab angenommen wurde. Wo solche Brüche unter dem Meere verlaufen, dort wird das Wasser zu den Wärmeherden Zutritt erlangen und die verdrängenden Dämpfe werden das Gesteinsgerüst der Erde an vielen Stellen durch vereinte Wärme- und chemische Wirkung langsam nach oben hin durchschmelzen und vulkanische Erscheinungen veranlassen.

Da aber die Leitungsbahnen langsamen Verlagerungen unterliegen können, wird auch öfters der Fall eintreten, daß in einem Gebiete durch unterseeische Ausbrüche der Druck nachläßt und daß schließlich Spalten und Hohlräume, die bisher durch den Dampfdruck offen gehalten waren und sich auch bei nachlassendem Drucke nicht sofort schließen können, nur noch Dampf von so geringem Drucke enthalten, daß dieser das Eindringen kalter, kondensierend wirkender Wassermassen in die Ausbruchsstelle nicht mehr zu hindern vermag. Beim Zusammentreffen aller Nebenbedingungen wäre dann ein Einschießen der Wassermassen mit zunehmender Geschwindigkeit möglich und das Zustandekommen von Wasserstößen, wie man sie in Dampf- und Kondenswasserleitungen kennt, kann die mancherlei Nebenerscheinungen und die schier unbegreifliche Wucht von Erdbebenstößen recht gut erklären. Denkt man z. B. eine einbrechende Wassermasse nur mit 100 Meter Einströmungsgeschwindigkeit versehen und dann, nach völliger Ausfüllung des dampferfüllten Raumes, in kürzester Zeit, vielleicht $^1/_{1000}$ Sekunde, gehemmt, so würde der Stoßdruck so groß sein, als erfolgte er durch das Gewicht einer 10.000mal so großen Masse.

Nicht nur zur Erklärung wenigstens eines Teiles der Erdbeben, sondern auch des merkwürdigen Pendelns der Erdachse um ihre Gleichgewichtslage, das die Polhöheschwankungen verursacht, könnte die Hypothese Dr. Rudolphs dienen. Ein Bruch im Felsgerüste der Erde könnte sie nicht herbeiführen, weil der Stoß dann in der Richtung zum Erdmittelpunkte erfolgen müßte. Das ist aber bei Zurückführung der Beben auf Wasserstoß und Wasserschläge nicht nötig, weil die Bewegung dann nicht nach der Erdachse gerichtet zu sein braucht.

Eine Entscheidung über die vorwiegende oder nebensächliche Bedeutung dieser etwaigen neuen Ursache der Erdbeben könnte herbeigeführt werden durch eine genauere Untersuchung des wahrscheinlichen Parallelismus zwischen dem Anwachsen der heizenden Magnetisierungsströme der Erde, den Erdbeben und Polschwankungen im Rhythmus des Sonnenfleckenzyklus. Auch wären bei solcher gemeinschaftlichen Ursache aller Äußerungen der unterirdischen Gewalten die großen erdmagnetischen Störungen wie beim Mont-Pelé-Ausbruch eher zu begreifen.

Die vorhergehenden Überlegungen rechnen mit einem Umstand, der bisher zwar allgemein für eine unumstößliche Tatsache gehalten wurde, nach neuesten Untersuchungen aber eine völlige Täuschung zu sein scheint, mit dem Umstande nämlich, daß ein großer Teil der vulkanischen Exhalationen aus Wasserdampf bestehe. Auf diesem Standpunkte steht der Geologe Prof. Sueß, der, wie in einem früheren Jahrbuche berichtet wurde, den ausbrechenden Gasen, darunter dem Wasserdampfe, juvenilen Ursprung zuschreibt. Sie sollen dem Magma, der glutflüssigen Schmelze des Erdinnern selbst, ihre Entstehung verdanken, da dieses bei der zunehmenden Abkühlung (?) der Erde die ursprünglich in großer Menge absorbierten Gase allmählich wieder abscheiden müsse. Die vulkanischen Eruptionen stellen also nach Sueß „die Äußerungen einer Entgasung des Erdkörpers dar, die seit der beginnenden Erstarrung desselben begonnen hat und heute, wenn auch auf einzelne Punkte und Linien beschränkt, noch nicht völlig abgeschlossen ist. Auf diese Weise sind die Ozeane und ist die gesamte vadose Hydrosphäre (Wasserhülle) von dem Erdkörper abgeschieden worden."

Diesen juvenilen Ursprung des die Vulkanausbrüche begleitenden Wasserdampfes stellt der französische Physiker und Vulkanologe Brun auf Grund zahlreicher, hochinteressanter Untersuchungen, die wir nach einem Vortrage Dr. E. Zimmermanns*) wiedergeben, völlig in Abrede. Zunächst versuchte er nachzuweisen, welche Gase in den Laven und vulkanischen Gläsern enthalten sind. Er fand bei seinen zahlreichen Analysen seine Annahme bestätigt, daß die Laven, trotz schon bestandener vulkanischer Eruption, unter Erhitzung und anderen chemischen Prozessen noch verhältnismäßig sehr reiche Mengen von Gasen lieferten. Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen, daß die Laven und Gläser bei der Eruption sich vor der völligen Erschöpfung ihrer Gase abkühlten. Trieb man künstlich die Erhitzung bis zur Verflüssigungstemperatur des Gesteins, so war in diesem Augenblicke die Bildung und das Ausströmen der Gase am lebhaftesten. Dies machte sich durch eine kleine Explosion und durch den Zerfall der Lava in Bimsstein bemerklich, ein Vorgang, der vielfach eine bis 20fache Raumvergrößerung des Versuchsstückes bewirkt.

Brun erhielt aus seinen Gesteinen Kohlenwasserstoff, Stickstoff, der entweder an Eisen oder an Silizium gebunden war, ferner Ammoniak, Chlorammonium und Chlorsilizium. Alle diese Gase, die juvenil sind und sich in größerer Menge nachweisen lassen, werden hauptsächlich erst bei der Verflüssigungstemperatur der Laven infolge chemischer Umsetzungen frei. Indem erst in diesem Moment die Möglichkeit, aufeinander einzuwirken, am größten ist, erzeugen die erwähnten Gase die vulkanischen Explosionen.

Bei einem derartigen Ausbruch gehen nur geringe Gewichtsabnahmen des Magmas bei gleichzeitiger Erzeugung von gewaltigen Gasmassen vor sich. So gibt erhitzter Obsidian bei einer Gewichtsverminderung von nur 2½ bis 3 Tausendstel das

*) Naturw. Wochenschr., VIII (1909), Nr. 22.

Zehnfache seines Volumens an Gasen ab: 1 Kubikkilometer liefert also theoretisch 10 Kubikkilometer Gas. Um sich eine Vorstellung von diesen Gasmengen zu machen, braucht man nur die Zeit zu berechnen, in der ein solcher Gasausbruch beendet sein würde. Bei einem Vulkanschlot mit dem großen Querschnitt von 1000 Quadratmetern würde dies Gas bei einer Geschwindigkeit von 500 Metern in der Sekunde noch etwas mehr als $5^1/_2$ Stunden gebrauchen, um zu Tage zu kommen.

Laboratoriumsversuche mit den erwähnten Gasen haben bewiesen, daß diese reduzierend aufeinander einwirken. Vulkane sind also Punkte, an denen sich Reduktionsvorgänge im großen abspielen. Solche Reaktionen sind mit einer gewaltigen Druckentfaltung verbunden, die genügt, die stärksten Eruptionen hervorzurufen. Bei diesen Reaktionen spielt jedoch der Wasserdampf selbst gar keine Rolle; denn er fehlt hiebei vollständig. Als Beweise für die völlige Abwesenheit des Wassers beziehungsweise Wasserdampfes bei vulkanischen Vorgängen führt Brun folgendes an.

1. Die ganz frischen Laven am Stromboli und am Vesuv haben im Verhältnis zu den anderen Gasen nur unbedeutende Spuren Wasser ergeben.

2. Bei mäßiger Tätigkeit der Vulkane fand an den Kraterrändern, die meist kühl waren, keine Kondensation von Wasser statt; vielmehr wiesen die Innenwände des Kraters Salze auf, die bei Gegenwart von Wasser zerflossen wären und sich unter der Einwirkung von Wasserdampf sofort zersetzt hätten. Brun beobachtete u. a. Steinsalz, Sylvin imprägniert mit Salmiak, Magnesiumchlorid und verschiedene Sulfate; immer waren Chlorkalium, Aluminiumchlorid und Fluoride und Chloride von Eisen und Magnesium vorhanden, also alles Salze von sehr hygroskopischem Charakter.

3. Steigerte sich die Tätigkeit eines Vulkans bis zu einem Ausbruche, so fanden sich in den frisch ausgeworfenen Aschen ebenso diese hygroskopischen Salze wie im Innern des Kraters, und zwar besaßen sie kurz nach ihrem Niederfall 0·9 bis 1 Tausendstel Wasser; dieser Gehalt nahm infolge des Einflusses der äußeren Luft schnell zu und betrug dann bei 20° das Dreifache seiner ersten Messung. Hieraus geht schon hervor, daß der Wassergehalt der Explosionsgase geringer sein muß als der der atmosphärischen Luft bei 20° C. Charakteristisch für die Wasserlosigkeit der frischen Asche ist erstens ihre Fähigkeit, wie eine Flüssigkeit zu fließen, eine Fähigkeit, die sie schon bei einem Wassergehalt von zwei Tausendsteln einbüßt, und zweitens die graue Farbe dieser Asche. Feuchte Luft bewirkt nach kurzer Zeit, zuweilen schon nach einigen Stunden, eine Rotfärbung der Asche infolge der Oxydation des in ihr enthaltenen Eisens.

4. Bei der näheren Untersuchung von Obsidiangesteinen hat sich gezeigt, daß alles Wasser sich schon bei 300° verflüchtigte, das ist etwa 1000° unter der Temperatur, bei der das Gestein unter Explosionserscheinung seine anderen absorbierten trockenen Gase hergab. Wasser beziehungsweise Wasserdampf kann bei der Temperatur der flüssigen Lava nicht existieren.

5. Brun hat bei achttägigem Aufenthalte am Stromboli, ebenso langem Beobachten am Vesuv und an den drei gerade in Tätigkeit getretenen Kratern im Tale von Taferno keinen Wasserdampf an der Lava gesehen. Der aufsteigende weiße Rauch, den andere Forscher irrtümlicherweise für Wasserdampf hielten, war nach Bruns Untersuchungen ein trockenes chlorhaltiges Gas.

Die unbestreitbare Tatsache, daß sich gleichzeitig mit den Aschenfällen meist Regengüsse einstellen, führt Brun auf folgendes zurück. Infolge der gesteigerten Vulkantätigkeit und der damit verbundenen gesteigerten Bodenerhitzung entweicht an den Vulkanen das atmosphärische Wasser. Auch die zahllosen feinen Ascheteilchen geben in der noch nicht ganz mit Wasser gesättigten Luft Anlaß zur Kondensation des Wassers; die riesigen Aschenmengen absorbieren sehr viel Licht, ein Vorgang, der erfahrungsgemäß eine bedeutende Temperaturerniedrigung nach sich zieht, die reichliche Regengüsse hervorbringen kann.

Ist durch diese Vorgänge die Entstehung von größeren Wassermengen bei Vulkanausbrüchen erklärt, so gibt Brun zu, daß geringe Mengen von Wasserdämpfen, die jedoch gar keine wesentliche Rolle bei den Vulkanexplosionen spielen, durch Oxydation entstehen können. Schließlich ist es Brun auch noch gelungen, den direkten Nachweis für den vadosen Ursprung des Wassers zu erbringen, indem er Vulkane prüfte, die in einem regenlosen beziehungsweise regenarmen Klima liegen, wo also der Faktor der atmosphärischen Niederschläge ganz oder fast ganz aufgehoben ist. Auf dem Vulkan Timanfaya auf der Insel Lanzarote, der Solfatarentätigkeit zeigt, fand er gar keine Ausströmung von Wasserdampf; der Grund hiefür ist: die Lage des Vulkans in einem regenlosen Gebiete. Bei den Fumarolen des Pico de Teyde auf Tenerifa zeigten sich Schwankungen im Wassergehalte, die in strenger Abhängigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen standen, so daß hier der Schluß erlaubt ist, daß höchstwahrscheinlich alles Wasser dieser Fumarolen vadosen Ursprunges ist, d. h. von der Oberfläche der Erdrinde stammt. — Auf eine Eigentümlichkeit der Lage der Erdbeben weist die folgende Arbeit hin.

Unter Zugrundelegung des reichlichen Tatsachenmaterials, das Montessus de Ballore gesammelt hat, weist F. X. Schaffer*) nach, daß sich zwischen dem 40. Grad südlicher und nördlicher Breite ein Bebengürtel um die Erde zieht, auf den die seismischen Vorgänge fast ausschließlich beschränkt sind. Nicht nur die von Montessus in seinen Bebenzonen bezeichneten Schüttergebiete fallen darein, sondern auch diejenigen, die ihm als „abnormal" erschienen. Eine Anhäufung der tektonischen Katastrophenbeben an den Grenzen dieses Gürtels ist nicht zu verkennen. Dazwischen häufen sich in Mittelamerika und im hinterindischen Archipel die vulkanischen Erscheinungen, die gleich

*) Neues Jahrb. für Mineral., Geolog. und Pal. 1909, 1. Bd., 3. Heft. Als Geosynklinalen oder Mulden bezeichnet man Linien, zu denen aus ihrer horizontalen Lage geratene Erdschichten von beiden Seiten aus abfallen.

den tektonischen Katastrophen dort ebenfalls an die alten Geosynklinalen gebunden sind.

Maxima der seismischen Vorgänge sind dort zu erkennen, wo die Ränder des Bebengürtels die jungen Faltengebirge (die Geosynklinalen der Sekundärzeit nach Haug) schneiden oder berühren. So bezeichnen San Franzisko, Valparaiso, Nippon und die Cookstraße die vier Schnittpunkte mit der zirkumpazifischen Geosynklinale und zwischen Lissabon und Wernoje laufen die alpinen Falten an der Nordgrenze des Gürtels.

Nach Schaffers Ansicht ist der zum Äquator symmetrisch gelegene Erdbebengürtel sicher nicht zufällig so gelegen. Er steht vielleicht mit Veränderungen im Zusammenhange, die der Erdball durch die Rotation und Abkühlung erleidet. Ob gerade der 40. Breitegrad die Zone rascher Änderung der Erdkrümmung vom äquatorialen Wulst zur polaren Abplattung bezeichnet, ist eine Frage, die im Zusammenhange damit zu erörtern wäre.

Schließlich weist der Verfasser darauf hin, daß der Erdbebengürtel eine ganz ähnliche auffällige Lage besitzt wie die Königszonen der Sonne, in denen die Sonnenflecken zur Zeit der Maxima bis zum 40. Grad nördlicher und südlicher heliographischer Breite reichen und darüber hinaus nur ganz vereinzelt auftreten.

Auf das zerstörende Erdbeben von Messina am Jahresschlusse 1908 folgte am 13. Januar 1909 gegen 2 Uhr morgens ein Erdbeben in Norditalien, das dem Erdbebenforscher A. Sieberg*) Gelegenheit gibt, die Frage nach einem etwaigen Zusammenhange der beiden Katastrophen aufzuwerfen. Er betont, daß ein, rein physikalisch genommen, so äußerst schweres Erdbeben wie das süditalienische vom 28. Dezember 1908 ganz bedeutende Verlagerungen (Verschiebungen) der in der Tiefe gelegenen Erdschollen voraussetzt. Da drängt sich nun von selbst die allerdings nicht beweisbare, aber auch nicht widerlegbare Ansicht auf, daß diese lokale Störung des Gleichgewichtszustandes zwischen den Erdschollen, die noch längere Zeit fortbesteht und in den Nachstößen innerhalb des primären Schüttergebietes zum Ausdrucke kommt, allmählich auch die Ruhe der benachbarten Schollen stört. Innerhalb welcher Zeit, ob nach Stunden, Tagen oder Wochen, ferner wo und in welcher Stärke die so geschaffene Schollenstörung ihren Ausgleich im Erdbeben findet, entzieht sich selbstverständlich jeder Vorhersage. So erscheint es gar nicht ausgeschlossen, daß die Störung des Gleichgewichtes in den sizilisch-kalabrischen Schollen Spannungen erzeugte, die mehr und mehr zunahmen, bis sie schließlich am 13. Januar 1909 in der adriatischen Senkung zur Auslösung kamen. Welche Stärke das ausgelöste Beben besitzt, ist gar nicht vorauszusehen, jedenfalls aber unabhängig von der Stärke des den ersten Anstoß abgebenden Erdbebens; denn die Wirkung dieses primären Bebens ist vergleichbar der Wirkung des Funkens im Pulverfasse.

Wenn diese Anschauung das Richtige trifft, so liegt es nahe, daß die nun einmal hervorgerufene Schollenstörung nach und nach auf immer ferner liegende Teile des betreffenden tektonischen Gebietes übergreift, bis sie durch irgend einen unkontrollierbaren, aber durch den geologischen Aufbau bedingten Umstand zur Ruhe kommt. Italien gehört einem Störungsgebiete der Erdrinde an, das sich in westöstlicher Richtung von Westeuropa gegen Ostasien hinzieht. So sind das ganze Mittelmeerbecken, das Rote Meer, der Persische Meerbusen und die ganze nördliche Hälfte des Indischen Ozeans gewaltige Einbruchsbecken der Erdrinde, die, zum Teil recht weit, in das Festland hineingreifen. Diese verhältnismäßig schmale Zone der Bewegung, die durch das Wirken recht jugendlicher und zum Teil heute noch fortdauernder gebirgsbildender Kräfte geschaffen wurde, ist eingeklemmt zwischen ausgedehnten starren Gesteinstafeln, die schon seit frühen geologischen Epochen den gebirgsbildenden Kräften erfolgreich Widerstand leisten.

*) Naturw. Wochenschrift, VIII (1909), Nr. 13.

Die Mehrzahl der Beben des Jahres 1909, namentlich fast alle an den europäischen Erdbebenstationen durch Instrumente registrierten, gehören dieser mediterranen Erdbebenzone an. In chronologischer Reihenfolge sind nachstehende Beben zu verzeichnen (meistens nach Zeitungsnotizen):

19. Januar zerstörendes Erdbeben an der Westküste Kleinasiens in der Gegend von Smyrna.

20. Januar mäßig starkes Beben in Volo, Griechenland, das ganz Thessalien erschüttert hat.

23. Januar im Laufe des frühen Morgens drei schwache Beben in Wodena, Mazedonien. — Sehr heftiges Beben in der persischen Provinz Luristan.

7. Februar leichtes Erdbeben in Tiflis.

9. Februar leichtes Beben in Samsun und Tirebolu an der kleinasiatischen Küste des Schwarzen Meeres.

15. Februar mehrere, darunter ziemlich starke Erdstöße im östlichen Teile des Balkan mit schwächeren Stößen in den nächsten Tagen.

17. Februar Erdbeben in der Gegend von Smyrna.

19. März heftiges Erdbeben in Süditalien, verbunden mit einer Springflut; Reggio in Calabrien wiederum betroffen.

25. März starkes Beben von drei Stößen in Mureck in Südsteiermark mit Felssturz in der Nähe der Ortschaft.

8. April neues starkes Beben in Messina.

26. April Eruption des großen Kamerunberges; Lavastrom.

25. Mai heftiger Erdstoß in Calabrien.

1. Juli Erdbeben in der spanischen Provinz Alicante.

6. Juli mehrere starke Beben in Algerien.

8. Juli nach 2 Uhr nachts Erdstöße in Buchara (Samarkand und Umgegend). Ebenso frühmorgens in Rawalpindi und Tschitral (Indien).

8. Juli zwei starke Erdstöße in Port-au-Prince, Haiti.

10. Juli heftiges Erdbeben im Bismarck-Archipel.

11. Juli, 9 Uhr abends, Erdstöße in Toulon, Marseille und Umgegend; ebenso Aix. — Scharfer Erdstoß in Messina.

13./14. Juli heftiges zerstörendes Erdbeben in Elis.

30. Juli Erdbeben in Bolivia. — 30. Juli starkes Beben in Mexiko (Hauptstadt Mexiko, Acapulco, Chilpanango, Chilipa).

2. August heftiger Erdstoß in Calabrien (Brancaleone); zwei heftige Stöße in der Provinz Santaren (Portugal).

9. August erneutes Beben in Acapulco (Mexiko).

14. August schweres Erdbeben in Zentraljapan (Nagoya).

25. August drei starke Erdstöße in Mittelitalien mit Siena als Epizentrum, ungefähr an der Südgrenze des Bebens vom 13. Januar 1909.

31. August Erdbeben in Rom.

16. September und Tage zuvor unterirdische Bewegungen am Vesuv.

23. September Erdstöße in Griechenland und Südfrankreich (Aix und andere Orte, die am 10. Juli heimgesucht wurden).

8. Oktober Erdbeben in Steiermark und Umgegend (Graz, Laibach, Agram).

Im November fand ein ziemlich bedeutender Ausbruch des Piks auf Teneriffa statt, der das erdbebenreiche Jahr 1909 würdig abschloß.

Die Eiszeiten.

Über die Entstehung dieser merkwürdigen und für den Menschen und seine Entwicklung allerwichtigsten Periode der Erdgeschichte hat Dr. Fr. Nölke eine neue Theorie veröffentlicht, nachdem er die älteren Annahmen, insbesondere auch die in diesen Jahrbüchern schon mehrfach dargestellte Reibisch-Simrothsche Pendulationshypothese, kritisch beleuchtet hat. *)

Nachdem Dr. Nölke darauf hingewiesen, wie allgemein selbst beim großen Publikum das Interesse an den Eiszeitfragen ist, fährt er fort: Dieses allgemeine Interesse erklärt sich wohl zum größten Teil daraus, daß die quartäre Eiszeit mit ihren Wirkungen und Folgeerscheinungen bis in die Gegenwart hineinragt. Der Eiszeit verdanken, da Lehm und Löß glaziale Produkte sind, nicht nur Hunderttausende von Menschen den sie ernährenden fruchtbaren Boden und das Material, aus dem sie ihre Häuser bauen, sondern die Eiszeit hat auch, indem sie in dem neuen Bette abgelenkter Flüsse Wasserfälle entstehen ließ, gewaltige Kraftquellen geschaffen, die der Industrie zu nutze kommen und dem Menschen dadurch das Leben leichter und genußreicher machen. Für den denkenden Menschen endlich, der sich der Segnungen der Kultur nicht erfreut, ohne sich dankbar seiner Vorfahren zu erinnern, deren geistige und körperliche Arbeit ihn zu der Stufe emporgehoben hat, auf der er steht, gewinnt die Eiszeit noch eine andere Bedeutung. Bekanntlich ist durch zahlreiche Funde festgestellt, daß der Mensch zur Eiszeit bereits die Erde bewohnte und auf ziemlich hoher Kulturstufe stand; aus vorglazialer Zeit aber sind nur dürftige Spuren von ihm vorhanden. Hieraus darf geschlossen werden, daß sich der Mensch in verhältnismäßig kurzer Zeit von niederen zu höheren Entwicklungsstufen emporgeschwungen hat. Diese auffällige Erscheinung erklärt sich vielleicht auf folgende Weise: Das warme paradiesische Klima der Tertiärzeit bot dem Menschen wahrscheinlich alles, was er zum Leben bedurfte, in größter Fülle. Als er aber nach Einbruch der Eiszeit harte Entbehrungen ertragen mußte und nur durch Mühe und Arbeit sein Leben fristen konnte, rettete ihn die Natur dadurch vor dem Untergange, daß sie seine geistigen Kräfte anspornte und ihn Erfindungen machen ließ, mit deren Hilfe es ihm gelang, den erschwerten Kampf ums Dasein siegreich durchzukämpfen. Sie ließ ihn, zum Schutze gegen die Kälte, Hüllen für den nackten Körper suchen, ließ ihn Waffen erfinden, mit denen er Tieren zu Leibe gehen konnte, die für ihn sonst unüberwindlich gewesen wären, ja sie förderte seine geistige Entwicklung sogar bis zu dem Punkte, wo der Kunsttrieb erwachte, was durch ausgezeichnete Skizzen eiszeitlicher Tiere, die in den südfranzösischen Höhlen aufgefunden sind, bestätigt worden ist (s. Jahrb. der Nat. I, S. 268, II, S. 276, III, S. 239, VII, S. 219). Ohne die Eiszeit wäre der Mensch wahrscheinlich noch längst nicht auf der Kulturstufe angelangt, auf der er sich jetzt befindet. Dieses kulturgeschichtliche Moment erhöht das Interesse, das die Eiszeit in geologischer Hinsicht beanspruchen darf, ohne Zweifel um ein Bedeutendes.



Der Pik von Teneriffa, die Stätte des jüngsten Vulkanausbruches.

Dr. Nölke läßt alle ihm bekannt gewordenen Erklärungsversuche der Eiszeit Revue passieren; es scheint keine vorhanden, die billigen Ansprüchen gerecht würde und es scheint wirklich so, wie schon mehrfach ausgesprochen worden ist, als ob wir über die Ursachen der Eiszeit noch völlig im Ungewissen seien. Wir wollen hier alle diese Erklärungen und die Kritik, die Dr. Nölke an ihnen übt, übergehen, um den Leser nicht zu ermüden und um zu seiner eigenen neuen Theorie zu kommen. Nur seine Widerlegung der Pendulationstheorie soll hier möglichst kurz dargestellt werden, da sie vielen Lesern bekannt und interessant sein dürfte (s. Jahrb. I, S. 47, II, S. 112). *)

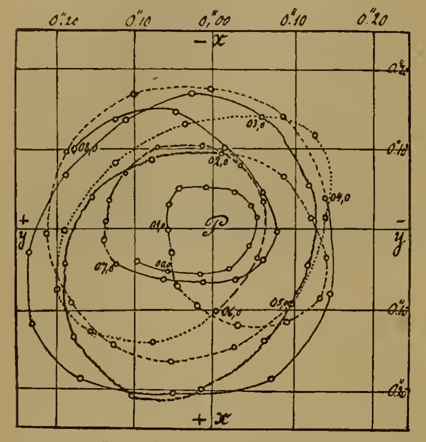
---

*) Deutsche Geogr. Blätter, Bd. XXXII (1909), Heft 1 und 2.

*) Für Leser, die sich des näheren für das Pendulationsthema interessieren, sei hier noch auf eine diese Theorie bekämpfende Arbeit Dr. Th. Arldts verwiesen: Beiträge zur Geophysik Bd. X, Heft 2.

Die **Pendulationstheorie** behauptet nach Simroth, daß die Erdachse im Innern der Erde keine feste Lage hat, sondern daß ihre Pole in spiraliger Pendelbewegung von einer Halbkugel nach der anderen hinüberschwanken. Für diese Annahme gebe Simroth nicht, wie zu erwarten wäre, einen astronomischen oder physikalischen Beweis, sondern er berufe sich nur auf die biologischen Verhältnisse der Erdoberfläche, auf die Verteilung der Lebewesen in Gegenwart und Vergangenheit. Dr. Nölke glaubt, daß diese einseitige Beweisführung gänzlich unstatthaft sei, daß die Theorie des Zoologen Simroth mit den allgemeinen physikalischen Gesetzen nicht in Einklang stehe und daher innerlich unmöglich sei.

Das Verhalten der Erde gegenüber der Anziehung von Sonne und Mond ist so, daß man



Die Polschwankungen von 1900—1908.

das Erdinnere als starr betrachten kann, wenn es auch nicht im eigentlichen Sinne des Wortes so beschaffen ist. Dann aber gelten für die Erde die allgemeinen Gesetze der Kreiselbewegung, und zwar ist sie als ein im Schwerpunkt (Erdmittelpunkt) unterstützter Kreisel aufzufassen. Bei der allgemeinen **kräftefreien** Kreiselbewegung eines Rotationskörpers beschreibt nun die Drehungsachse eine gleichförmige Kreiskegelbewegung um eine im Raume festliegende (gedachte) Gerade, verschiebt sich aber nicht im Körper, sondern führt diesen mit sich herum. Da nach Simroth die Erdachse ihre Lage in der Erdkugel verändert, so kann die Pendulation hienach **keine kräftefreie** Bewegung sein, d. h. sie kann nicht durch eine zufällige, temporäre Ursache angeregt worden sein, sondern erfordert eine **beständig wirkende Kraft**. Damit fällt eine der Erklärungen, die Simroth für die Entstehung der Pendulation aufgestellt hat, nämlich die, daß in ferner Vergangenheit der Erde ein zweiter Erdmond auf ihre Oberfläche gestürzt sei.

Der Aufsturz eines Mondes (oder eines Riesenmeteors) führt nur zu einer **kräftefreien** Kreiselbewegung. Wenn die Erdachse vor diesem Aufsturze eine unveränderte Lage im Raume besaß, so mußte sie nach dem Sturze eine **kreiskegelförmige Präzessionsbewegung***) um eine im Raume festliegende Gerade ausführen, **ohne sich dabei im Innern des Erdkörpers zu verschieben.**

Die zweite Annahme Simroths, daß die Erde aus einem **Spiralnebel** hervorgegangen sei, der sich in unser Sonnensystem verirrt hätte und in die Bahn um die Sonne abgelenkt sei, führt auch nicht zu dem gewünschten Ziele. Zunächst würde ein Spiralnebel, der sich im Sonnensystem eingefunden hätte, eine parabolische oder hyperbolische Bahn wie die Kometen, aber keine Kreisbahn wie die Erde beschreiben. Wenn ferner die einander widerstreitenden, ungleich gerichteten Bewegungen der Spiralnebelmassen die bis zur Gegenwart fortgesetzte Pendulation verursacht hätten, so müßten die Kräfte auch jetzt noch wirksam sein. Für die Annahme, daß auch gegenwärtig noch die Massen im Erdinnern in tollem Durcheinander sich unaufhörlich befehden, fehlt jeder Anhaltspunkt. Die völlig gesetzmäßig vor sich gehende Präzession der Tag- und Nachtgleichen und der physikalisch dem festen Zustand nahekommende Aggregatzustand der Massen im Erdinnern verbieten sogar eine solche Annahme. Gänzlich verfehlt erscheint dem Beurteiler die Auffassung Prof. Simroths, daß die nordsüdlich gerichtete Pendulation mit Ausschlägen nach Osten und Westen verbunden, genauer bezeichnet also als eine **spiralige** anzusehen sei.

Die kleinen vorkommenden Störungen des Gleichgewichts, Erdbeben, vulkanische Ausbrüche, Vergrößerung der polaren Eiskappen, bringen nur kleine Verschiebungen der Pole hervor und die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sie einmal längere Zeit hindurch in derselben Richtung wirken, ist gleich Null zu setzen. Die festgestellten geringen Polschwankungen zeigen bisher, daß sich die Pole in geschlossenen Krümmungen um eine mittlere Lage herumbewegen. Die Anziehung von Sonne und Mond kommt als Ursache der Pendulation auch nicht in Frage; denn sie bewirkt die bekannte Präzessionsbewegung der Achse. Es bleibt nur die Möglichkeit, daß eine **Gelegenheitsursache**, wie der Fall eines großen Meteors (zweiten Mondes), eine Polverschiebung hervorbrächte. Nun kann es, nach Nölke, keinem Zweifel unterliegen, daß sich die Erde beim Aufstoßen eines Meteors nicht wie ein starrer Körper verhalten wird und daß sich die Wirkung des Stoßes, abgesehen von einer Beschleunigung oder Verzögerung der Achsendrehungsgeschwindigkeit und einer Änderung der

*) Die **Präzession**, das Vorrücken der Nachtgleichen, ist die langsame Bewegung der beiden Äquinoktialpunkte auf der Ekliptik, eine Folge der Anziehung, welche die übrigen Mitglieder des Sonnensystems auf das an den Polen abgeplattete Erdsphäroid ausüben. Indem Sonne und Mond anziehend auf den ringförmigen Wulst am Erdäquator wirken, der nicht in der Ebene der Ekliptik liegt, sondern einen Winkel von 23 ½° mit ihr bildet, suchen sie ihn in die Ebene der Ekliptik einzustellen, also die Erdachse in senkrechte Lage zu letzterer zu bringen. Dieses Streben in Verbindung mit der Rotation der Erde bewirkt, daß die Erdachse zwar ihre Neigung gegen die Erdbahn beibehält, aber eine Kegelfläche um die Achse der Ekliptik beschreibt.

Bahnelemente*) der Erde, nicht nur in einer Präzessionsbewegung der Achse äußern würde. Das Meteor würde vielmehr mit der Erdmasse verschmelzen, erdbebenartige Wellen würden den ganzen Erdkörper durchlaufen, miteinander interferieren**) und sich gegenseitig stören. Aber wenn die einander widerstreitenden Bewegungen sich ausgeglichen haben, was bei der Zähigkeit und der Konsistenz der inneren Massen des Erdkörpers ziemlich schnell geschehen muß, so nimmt die Rotationsachse wieder eine feste, nur noch der Präzession unterliegende Lage an und schwankt nicht mehr hin und her. Durch den Fall großer Meteormassen könnte daher wohl eine sprungweise Verlagerung der Erdachse entstehen, aber niemals eine kontinuierliche pendelartige Schwankung der Achse um eine mittlere Lage.

In manchen Punkten scheint Dr. Nölke den Sinn der Pendulationshypothese allerdings mißverstanden zu haben und das letzte Wort über diese wichtigste aller Eiszeiterklärungen wird auch mit seiner Kritik noch nicht gesprochen sein. Wir wenden uns nun der von ihm aufgestellten neuen Theorie zu.

Anknüpfend an die Entdeckung vieler großer und kleiner kosmischer Nebelmassen in den letzten drei Jahrzehnten betont Dr. Nölke die unbestreitbare Möglichkeit, daß gelegentlich ein Stern in einen solchen Nebel eintritt und ihn durchschreitet. Dieses Durchschreiten brauchte den Bestand des Sternes nicht zu gefährden, da die Nebelmassen außerordentlich fein zu sein scheinen, könnte aber trotzdem Spuren hinterlassen. Die Folgen eines solchen Zusammentreffens würden im wesentlichen zweifacher Art sein:

1. Der Stern zieht kleinere oder größere verdichtete Massen der Nebelmaterie, die nicht übermäßig weit von ihm entfernt sind, zu sich heran und zwingt sie, wenn der Widerstand der feinen Materie im stande ist, die hyperbolische Exzentrizität in eine elliptische umzuformen, ihm als Kometen zu folgen.

2. Die Nebelmaterie absorbiert einen Teil der Licht- und Wärmestrahlung des Sternes und ruft dadurch auf den ihn umkreisenden Planeten eine Abkühlung hervor.

Die erste Folgerung gibt, auf unsere Sonne angewandt, eine neue Theorie des bis jetzt noch unerklärten Ursprunges der Kometen unseres Sonnensystems. Aus der zweiten Folgerung ergibt sich eine neue Erklärung der Entstehung der irdischen Eiszeiten.

Als das Gebiet des Himmels, in dem der vom Sonnensystem durchschrittene Nebel liegen müsse, sieht Dr. Nölke die Gegend an, die der fortschreitenden Bewegung der Sonne im Weltraume entgegengesetzt ist, ihr sozusagen im Rücken liegt. Dieses Gebiet schließt außer vielen kleinen und größeren Nebeln auch den großen Orionnebel ein, der mit seinen Ausläufern einen Raum von ungefähr 120 Vollmondsflächen einnimmt. Nach Keelers Beobachtungen entfernt sich dieser Nebel von der Sonne mit 18 Kilometern Geschwindigkeit in der Sekunde. Es liegt somit die Vermutung nahe, daß unser Sonnensystem den Orionnebel durchschritten habe. Nimmt man



Orionnebel.

mit mehreren Forschern an, die quartäre Eiszeit liege 20.000 bis 50.000 Jahre zurück, so berechnet sich hienach die Entfernung des Nebels von der Sonne zu 75.000 bis 190.000 Erdweiten. Diese Entfernung läßt sich mit dem Abstand des der Sonne nächsten Fixsternes α Centauri vergleichen, der 250.000 Erdweiten beträgt. Ihm entspricht eine Parallaxe von 2·5″ bis 1″. Die Entfernung des Nebels könnte jedoch auch größer sein. Wenn vielleicht nur der erste, längere und intensivere Abschnitt der diluvialen Eiszeit durch ein Verweilen der Sonne im eigentlichen Orionnebel verursacht wurde, so müßte man, da dieser Abschnitt rund 100.000 Jahre zurückliegt, die Entfernung des Nebels zu 400.000 Erdweiten (Parallaxe dann 0·5″) ansetzen. Die Parallaxen diffuser Nebelmassen lassen sich gegenwärtig leider nicht bestimmen, so daß die angegebenen Parallaxenwerte für den Nebel sich nicht durch direkte Beobachtung als wahr erweisen lassen. Ergäbe sich später einmal für den Orionnebel ein dem angegebenen nahekommender Wert der Parallaxe, so würde, meint Nölke, seine Vermutung über die Entstehung der Eiszeit fast zur Gewißheit erhoben sein.

*) Unter den Elementen eines Planeten versteht man die sechs Stücke, die zur Angabe des Ortes eines Planeten gebraucht werden, nämlich: Länge des Planeten in der Epoche, Länge des aufsteigenden Knotens, Länge des Perihels, Neigung, Exzentrizität und mittlere Entfernung von der Sonne.

**) Interferieren bedeutet bei der Begegnung in verstärkendem oder auslöschendem Sinne aufeinander einwirken.

Dafür, daß der Orionnebel unserer Sonne ziemlich nahesteht, lassen sich zwei Beobachtungstatsachen anführen. Erstens ist er unter allen Nebeln die glänzendste Erscheinung und zweitens müssen Sterne unseres Sternhaufens hinter ihm stehen, da ihr Licht durch die Nebelmaterie eine Absorption zu erleiden scheint. Sollte sich herausstellen, daß der Orionnebel nicht genau im Antiapex*) der Sonnenbewegung liegt, so braucht er deswegen für diese Theorie noch nicht aufgegeben zu werden; denn es ist nicht unmöglich, daß die von der Sonne seit ihrem Austritte aus dem Nebel zurückgelegte Bahn nicht mehr als gerade Linie zu betrachten ist, auch kann der Nebel sich durch Eigenbewegung seitlich verschoben haben. Sollte er jedoch wegen irgend welcher noch unbekannter Umstände für diese Theorie nicht in Frage kommen, so würde es sehr leicht sein, einen passenden Ersatz für ihn zu finden, da die um den Antiapex der Sonne gelegenen Sternbilder sehr reich an Nebeln sind, während im Gegensatz hiezu die Umgebung des Apex der Sonnenbewegung nebelarm ist. Die Wahrscheinlichkeit, daß unser Sonnensystem in absehbarer Zeit wieder in einen Nebel eintritt und eine neue Eiszeit ihre verheerenden Wirkungen auf der Erde äußere, ist also sehr gering.

Dr. Nölke versucht seine Theorie auch physikalisch zu begründen. Angenommen, daß die Geschwindigkeit, mit der die Sonne den Nebel durchschritt, derjenigen gleichkam, mit der sie sich gegenwärtig vom Orionnebel entfernt, und angenommen ferner, daß die Durchlässigkeit der Nebelmasse für Wärmestrahlen nicht geringer war als die Durchlässigkeit der atmosphärischen Luft: so zeigt die Rechnung zuerst, daß die Dichte der Nebelmaterie größer gewesen sein müsse als das 10^{-10}fache der Dichte des Wassers, falls die zwischen Sonne und Erde befindliche Nebelschicht eine bemerkbare Auffaugung auf die Wärmestrahlung der Sonne ausüben sollte. Die auf die Sonne aufstürzende Nebelmaterie mußte allerdings auch eine Vergrößerung des Wärmeinhaltes der Sonne herbeiführen; aber diese brauchte nicht notwendig zu einer bemerkbaren Erhöhung ihrer Oberflächentemperatur und damit möglicherweise zu einer Erwärmung — statt Abkühlung — der Erde zu führen. Sie konnte auch zur Zersetzung der in den oberen Schichten der Sonne befindlichen chemischen Verbindungen, also als Dissoziationswärme, verbraucht werden und wirkte in diesem Falle nicht nach außen.

Die Zwischeneiszeiten erklärt Dr. Nölke dadurch, daß in dem von der Sonne durchschrittenen Nebel Stellen mit größerer und geringerer Dichte vorhanden waren, oder dadurch, daß die Sonne nacheinander in mehrere, durch größere Zwischenräume getrennte Nebelteile eintrat. Diese Theorie würde auch für die Entstehung der auf die Steinkohlenzeit folgenden paläozoischen Eiszeit eine einfache Erklärung abgeben. Dr. Nölke führt noch einige Tatsachen an, die zur Bestätigung seiner Theorie dienen könnten, hält aber für die wichtigste Stütze derselben die Tatsache, daß sie nicht nur für die Eiszeiten, sondern auch für den bislang rätselhaften Ursprung der Kometen eine einfache, einleuchtende Erklärung gibt.*)

Die eiszeitliche Alpenvergletscherung macht Prof. A. Penck in den Schlußkapiteln des von ihm und Ed. Brückner herausgegebenen Standwerkes „Die Alpen im Eiszeitalter" zum Gegenstand einer zusammenhängenden Betrachtung, die hier an der Hand eines Berichtes von C. Gagel**) kurz wiedergegeben sei.

Danach trugen die Alpen im Eiszeitalter keine alles unter sich vergrabende Inlandseisdecke wie heute Grönland, sondern nur ein vielfach verzweigtes Eisstromnetz, dessen Einzelströme durch Firngrate weithin getrennt waren. Vom Eisscheitel, der weit nördlich der heutigen Wasserscheide in etwa 2500 Meter Meereshöhe lag, flossen beträchtliche Massen nach Süden über Simplon, Gotthardt, Maloja, Reschenscheideck, Brenner und Pfitscher Jöchl. Das Eisstromnetz bildete in der Mitte einen sanft gewölbten, an der Seite steil abfallenden Schild.

Die eiszeitlichen Alpengletscher stellen Anschwellungen der Zungen, nicht Anschwellungen der Firnfelder der heutigen Gletscher dar; die Firnfelder waren zur Eiszeit kaum voller als jetzt. Das Anwachsen des Eises geschah also durch Verhinderung des Abschmelzens der Zungen, die Eiszeit war eine Zeit der Temperaturerniedrigung, nicht eine Periode mit vermehrten Niederschlägen; denn letztere hätten Anschwellen der Firnfelder zur Folge gehabt.

Die Lage der eiszeitlichen Schneegrenze steht in engster Beziehung zu den heutigen Niederschlagsverhältnissen; es muß damals eine ähnliche Verteilung der Niederschläge geherrscht haben wie heute. Die eiszeitliche Schneegrenze verläuft parallel mit der jetzigen, aber 1200 Meter tiefer, ausgenommen im äußersten Osten, wo sie nur 800 Meter tiefer lag. Auch während der Eiszeit lag die Baumgrenze 600 bis 800 Meter unter der Schneegrenze. Nur im Süden und vielleicht im Osten der Alpen ragten die Gletscher der Eiszeit in die Waldregion hinein, sonst endigten sie in einer Tundra.

Zeugen eines mehrfachen Vorrückens und Zurückweichens der Gletscher sind die rings um die Alpen aufgehäuften, von den Flüssen der Eiszeit abgesetzten Schottersysteme, die größtenteils mit Moränen verknüpft sind. Es sind ihrer vier verschiedene und sie sind allemal jünger als das marine (dem Meere seinen Ursprung verdankende) Pliozän des Rhone- und Pogebietes; zwischen beiden ist eine klaffende Lücke, in der eine Hebung des Alpensaumes eingetreten ist.

Die letzte Eiszeit nennt Penck die Würmeiszeit; größer als sie war die vorletzte, die Rißeiszeit, deren Moränen außerhalb des Jungendmoränenkranzes liegen; der Unterschied scheint auch durch Temperaturerniedrigung und daraus hervorgehendes Anschwellen der Gletscherenden bedingt

*) Der Antiapex ist der Punkt, von dem die Sonne in ihrer Bewegung auf ihr Ziel, den Apex, fortzustreben scheint.

*) Vergl. die Abh. „Eine neue Erklärung des Ursprungs der Kometen". Abh. des Naturw. Vereines zu Bremen 1909.

**) Geol. Zentralblatt, Bd. XIII (1909), Nr. 8.

gewesen zu sein. Im Gebiete des Inn-, Salzach- und Illergletschers war die Mindelvergletscherung noch größer als die der Rißeiszeit; im Isar- und Rheingebiet, in der Schweiz, Frankreich und im Pogebiete war dagegen die Rißvergletscherung die größte. Während der Interglazialzeiten herrschte im Norden der Alpen ein Wald von baltischen, im Süden einer von illyrischem Florengepräge; im Innern der Alpen steigen südöstliche Pflanzen bis 1150 Meter. Dazu kommt eine nicht nordische Fauna mit Urelefant, Merkschem Nashorn, Hirsch unter ihren Mitgliedern. Die Verschiebung der Höhengürtel ist zur Zwischeneiszeit größer gewesen als in der Gegenwart. Während der Vorwürmzeit bildete sich bis weit in die Würmeiszeit hinein in den damals über der Baumgrenze gelegenen Gegenden der Löß, der im Salzachgebiet und in der Nähe von Lyon unter Würmmoränen liegt, sonst auf den Schottern der älteren Vereisungen, aber eine arktoalpine Fauna führt und paläolithische Werkzeuge enthält, die mit denen vom Ende der Würmeiszeit sehr nahe verwandt sind. Die Lößbildung ist, da man verschiedenaltrige Löße unterscheiden kann, eine periodisch eintretende Erscheinung gewesen, die aber nach der letzten Vergletscherung nur ganz minimal wieder aufgetreten ist.

Die Eiszeiten müssen nach den Schuttmassen, die während ihres Verlaufes abgenagt (erodiert) und transportiert wurden, sehr lange gedauert haben, jedoch ist es schwierig, bestimmte Zeitangaben zu machen. Die verschiedenen Zwischeneiszeiten sind sehr verschieden lang gewesen; die während des Mindel-Riß-Interglazials geleistete geologische Arbeit ist sehr viel größer als die während des Riß-Würm-Interglazials, etwa im Verhältnis 4 zu 1. Ebenso ist die Riß-Würm-Zwischeneiszeit erheblich länger gewesen als die Nacheiszeit, wahrscheinlich im Verhältnis 3 zu 1. Rechnet man auf die Nachwürmzeit rund 20.000 Jahre, so fallen auf das Riß-Würm-Interglazial 60.000, auf das Mindel-Riß-Interglazial 240.000 Jahre. Die glazialen Ablagerungen der Poebene setzen eine Abtragung des Gebirges um mehr als 100 Meter voraus, was ebenfalls sehr viele Hunderttausende von Jahren verlangt.

Sehr interessant, wenn auch nicht mehr ganz in diesen Abschnitt hineingehörend, sind die Hinweise auf die Vergesellschaftung der verschiedenen Faunen mit paläolithischen Werkzeugen und Stationen und mit glazialen und interglazialen Ablagerungen. Während der Rißeiszeit und der Riß-Würm-Zwischeneiszeit bestand die Moustérienindustrie; mit der Würmeiszeit stellt sich der Wechsel der Industrie ein, die Magdalénienstationen überdauern das Maximum der Würmeiszeit. Die von Mortillet aufgestellten paläolithischen Entwicklungsstufen beruhen auf zeitlichen Verschiedenheiten und lassen sich mit der Verbreitung von Riß- und Würmeiszeit in Verbindung bringen; sie liegen außerhalb des Bereichs der Rißeiszone (Moustérien) oder der Würmeiszone (Solutréen, Magdalénien). Die Moustérienstation Waldkirchli liegt zwar im Bereich der eiszeitlichen Vergletscherung, aber über dem Niveau des Rheingletschers, und muß in der Riß-Würm-Zwischeneiszeit bewohnt gewesen sein. Der Mensch besuchte also im letzten Interglazial die Alpen schon bis zu mehr als 1500 Meter Meereshöhe.

Geologisch-Mineralogisches.

Über die Entstehung der Mineralien berichtet eine Arbeit Dr. H. E. Boekes.*) Der alte Streit der Plutonisten, welche eine Entstehung aller Gesteine aus einem feuerflüssigen Magma annehmen, und der Neptunisten, die eine Bildung auf wässerigem Wege behaupten, ist längst dahin geschlichtet, daß allerdings feurig-flüssige Magmen bei ihrer Erstarrung die ersten Mineralien lieferten, daß aber auch den Magmen heiße Lösungen entströmten, die bei der Abkühlung mannigfache Mineralabsätze zurückließen, daß schließlich zirkulierende Gewässer dem einmal Vorhandenen durch Auflösung und Neukristallisieren öfters andere Gestalten verliehen. Da helfen mancherlei Einflüsse zu immer neuen Umformungen. Die bei hoher Temperatur gebildeten Mineralien haben nach der Abkühlung ihr Gleichgewicht verloren, besonders im Streit mit den atmosphärischen Einwirkungen, wodurch schon mannigfache Neubildungen entstehen. Schneller noch ist die Wirkung nachträglicher Erhitzung, z. B. infolge vulkanischer Durchbrüche des Gesteins, die häufig eine Durchtränkung des durchbrochenen und durch die Hitze verwandelten Gesteins mit Gasausströmungen des Magmas bewirken. Diesen Umwandlungen verdanken wir die wertvollsten Mineralien, Marmor, Granat, Topas und viele andere Edelsteine. Unter den Faktoren der nachträglichen Umgestaltung ist auch noch der Gebirgsdruck zu erwähnen, dessen Wirkung sowohl übertrieben als auch unterschätzt worden ist.

Die Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinungen zu erforschen, allgemeine Gesetze für die Bildung der Mineralien abzuleiten, ist infolge der Kompliziertheit des Materials sehr schwierig. Doch gilt es gegenwärtig als feststehend, daß die Gesetze der physikalischen Chemie ausnahmslos auch für die Gesteinswelt Gültigkeit haben. Sehr groß sind die bei Experimenten sich ergebenden Schwierigkeiten hinsichtlich der Erforschung der Mineralbildung aus feurigen Schmelzflüssen. Sehr hohe Temperaturen müssen erreicht und exakt gemessen werden; häufig ist die geschmolzene Masse sehr zäh, es treten Verzögerungen der Kristallisation ein; oft bleibt sogar der ganze Kristallisationsprozeß aus und es zeigt sich nach der Abkühlung nur ein glasiges Produkt. Deshalb mußten die Gesetze der Kristallisationsfolge erst an leicht im Laboratorium zu handhabenden Körpern, wie Metallen und Salzen (Chloriden und Nitraten), entdeckt werden.

Die Leiterin bei diesen Untersuchungen ist die Thermodynamik gewesen. Aus den thermodynamischen Grundgesetzen läßt sich ableiten, in welcher Weise einfache Substanzen und Gemische bei beliebigen Temperaturen und Drucken zum inneren Gleichgewicht gelangen. Sie spalten sich dabei in Flüssigkeit und Dampf, oder in Flüssigkeit und Kristalle, häufig gleichzeitig in eine noch größere An-

*) Naturw. Rundsch., XXIV (1909), Nr. 9.

zahl verschiedener Aggregierungsformen, je nach der herrschenden Temperatur und dem Druck. Ein innig verwachsenes Gemisch zweier Kristallarten, z. B. von Eis und Salz, ein sogenanntes Kryohydrat oder Eutektikum, wurde auch bei Gesteinen festgestellt; z. B. die schriftzeichenähnliche Verwachsung von Quarz und Feldspat, sogenannter Schriftgranit, wurde als letztes Verfestigungsprodukt eines aus Quarz- und Feldspatsubstanz bestehenden Magmas aufgefaßt und man gelangt zu der gewiß richtigen Auffassung, daß zwischen sogenannten Lösungen, z. B. Salzlösungen, und Schmelzen gar kein prinzipieller Unterschied besteht.

Zu den Umständen, welche das Experimentieren mit Silikaten zur Ermittlung der Kristallisationsumstände erschweren, gehören außer den schwer zu erzielenden hohen Temperaturen namentlich die Neigung zur Unterkühlung und die Viskosität oder Zähflüssigkeit der Schmelzen. Einen Begriff von dieser Zähigkeit gibt folgender Versuch von Day und Allen. Sie schmolzen Natronfeldspatkristalle zu einer „Flüssigkeit", die bei etwa 1300° so zäh war, daß ein daraus gebildeter Balken, an beiden Enden unterstützt, sich nicht durchbog. Wohl eine Folge dieser Zähigkeit ist die Neigung zur Unterkühlung, d. h. zum Herabgehen der Temperatur unter den Kristallisationspunkt ohne Eintreten der Kristallbildung, bei geschmolzenen Silikaten unter Bildung von Glas. Tammann hat die Gesetze der Unterkühlung eingehend studiert und mit einer Menge höchst anschaulicher Versuche belegt. Die Hauptfaktoren bei der Kristallisation sind die Zahl der Kristallkerne, die sich in einer Zeiteinheit bilden, und die Geschwindigkeit, mit welcher die Kerne wachsen. Ist die Temperatur einer Schmelze tiefer als diejenige Temperatur, bei welcher Flüssigkeit und Kristalle in dauerndem Gleichgewicht sind, ist die Schmelze also unterkühlt, so nimmt die Zahl der in der Zeiteinheit gebildeten Kristallkerne mit dieser Unterkühlung zu. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Kerne dagegen fällt reißend schnell mit abnehmender Temperatur und sinkt bald auf Null. Die beiden Faktoren, Kernzahl und Wachstumsgeschwindigkeit der Kerne, welche zusammen die Kristallisationstendenz bilden, wirken also entgegengesetzt. Man sieht gleich ein, daß hiebei ein Maximum der Kristallisierung auftreten kann. Dieses Maximum macht sich manchmal in auffallender Weise geltend: erhitzt man z. B. Natriumsilikatglas auf 500°, so findet ein plötzliches Aufglühen statt, infolge Aufhebung der Unterkühlung („Entglasung"). Manchmal erreichte Tammann die Unterkühlung auch im Druckapparat bei einem Druck von einigen Tausenden von Atmosphären; bei einem gewissen Grade der Unterkühlung setzte die Kristallisierung mit einer solchen Schnelligkeit ein, daß der ganze schwere Apparat zitterte, als ob ein Erdbeben stattfände. Auch bei wirklichen Erdbeben könnten ähnliche Ursachen manchmal wirksam sein.

Diese Umstände, die das Studium der Gleichgewichtserscheinungen bei Silikaten so sehr erschweren, haben auch in der Natur bei der Bildung von Gesteinen und Mineralien eine Rolle gespielt. Sobald die Erstarrung ziemlich schnell vor sich ging, wie bei Lavaergüssen, haben sich oft riesige Massen der Kristallisation entzogen und liegen jetzt als Gesteinsglas vor.

Eine andere Abweichung vom Gleichgewicht, die sich in der Natur häufig vorfindet, aber im Laboratorium noch nicht nachgeahmt werden konnte, ist der Mangel an räumlicher Gleichartigkeit (Homogenität), die Differenzierung der Gesteine. Über die Ursachen derselben herrschen noch recht verschiedene Ansichten. Wenn ein tätiger Vulkan nacheinander Laven von ganz verschiedener chemischer Zusammensetzung hervorstößt, so kann man noch an eine Speisung aus verschiedenen unterirdischen Herden denken. Zeigt aber ein anscheinend einheitlich erstarrtes Gestein ausgedehnte Stellen, wo ein besonderes Mineral (oder ein Mineralkomplex) angehäuft ist, so fehlt bis jetzt eine befriedigende Erklärung. Hier harren noch fundamentale Fragen der Lösung.

Sehr viele Mineralien verdanken nun ihren Ursprung nicht dem feuerflüssigen Magma, sondern einer Kristallisation aus wässerigen Lösungen. Häufig waren die Lösungen heiß und entströmten dem Magma, beladen mit vielen Stoffen, die zur Lösung in merklichen Quantitäten gerade die hohe Temperatur brauchten. Bei der Abkühlung setzten sich Sulfide, Silikate, Bergkristall ab, häufig in wunderbar schönen Kristallen. Aber auch die Verdunstung von Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur lieferte massenhaft Mineralien. Die Bildung solcher ist dann häufig in großer Klarheit zu verfolgen, z. B. die Bildung von Kalkstein (durch Verflüchtigung der Kohlensäure, die das Kalziumkarbonat merklich löslich machte) und die Ablagerung von Salz. Auf die Bildung des letzteren geht Dr. Boeke näher ein.

Beim Anblicke mächtiger Salzablagerungen denkt man gleich an Verdunstung von Meerwasser. Aber woher stammt das Salz des Ozeans? von Richthofen hat berechnet, daß beim Verdunsten alles Meerwassers die vollständige Erdoberfläche mit einer Schicht von 40 Metern Salz bedeckt werden könne. Sollte diese Salzmenge durch Auslaugung aus Gesteinen angesammelt sein, so müßte etwa ein Fünftel der Höhe des Festlandes als Salz fortgeführt sein. Im Widerspruche dazu steht der äußerst geringe Gehalt an Kochsalz und sonstigen Chloriden und Sulfaten in frischen Gesteinen. Das Salz im Ozean muß also einen anderen Ursprung haben.

Man stellt sich nun wohl vor, daß vor der Verfestigung der Erdkruste die Atmosphäre die Salze in Dampfform enthielt, wie es ähnlich bei der Sonnenatmosphäre der Fall ist. Indem sich die feste Erdhülle bildete, muß sich das Salz aus der Atmosphäre kondensiert haben, entweder in Form heißer Tropfen oder, was wahrscheinlicher, als Schnee. Bei fortschreitender Abkühlung kondensierte aus der Atmosphäre das Wasser und hiebei wurde das schon abgelagerte Salz aufgelöst. So wäre der Ozean seit Uranfang salzig gewesen. Wie die leicht löslichen Kalium- und Magnesiumsalze aus den eintrocknenden Meeresteilen der heutigen norddeutschen Tiefebene ausgeschieden wurden, hat van't Hoff mit seinen Schülern in zehnjähriger Arbeit vollständig klargelegt

Neben der Bildung von Mineralien aus dem Schmelzfluß und den wässerigen Lösungen wäre noch die Entstehung durch Sublimation zu nennen, die unter Umständen von großer Bedeutung werden kann. Besonders bei vulkanischen Vorgängen ist die Ausscheidung von Sublimationsprodukten aus heißen Dämpfen in großem Maßstabe zu beobachten, z. B. von Schwefel, Chloriden und — durch Einwirkung von Wasserdampf auf letztere — Oxyden, wie Kupferoxyd und Eisenoxyd.

Nur hinsichtlich einer Gruppe von Gesteinen gehen die Ansichten von der Entstehung noch stark auseinander, hinsichtlich der kristallinen Schiefergesteine. Sie sind, wie der Name schon andeutet, vollkristallin wie die langsam in der Tiefe aus dem Magma erstarrten Gesteine und sind doch durch Parallelstellung der Gemengteile geschichtet wie Sedimente. In den allermeisten Fällen scheint bei ihnen eine Umkristallisation des aufbauenden Materials vorzuliegen. Da kristalline Schiefer häufig dort auftreten, wo nachweislich ein starker einseitiger Druck geherrscht hat, wie er bei Gebirgsbildungen auftritt, so liegt die Vermutung nahe, daß die Kristallisationsschieferung eine Folge des einseitigen Druckes ist. Es ist bekannt, daß die Löslichkeit eines Körpers in einer bestimmten Flüssigkeit vom Drucke abhängt und bei ungleichförmigem Drucke ist die Löslichkeit in der Druckrichtung im allgemeinen am größten. Die Anwendung dieser Regel auf Gesteine ergibt folgendes: Wird ein Gestein, das in der regelmäßig vorhandenen Gesteinsfeuchtigkeit genügend Lösungsmittel besitzt, einem einseitigen, langdauernden Drucke unterworfen, so wird eine Umkristallisation unter Parallellagerung der Teilchen stattfinden. Nach dieser Ansicht wären die kristallinen Schiefer sowohl aus Schmelzflußgesteinen als auch aus Sedimentgesteinen durch Ablagerung entstanden und wirklich findet man nach beiden Seiten hin deutliche Übergänge.

Auch bei anderen Mineralien sind Wirkungen des Gebirgsdruckes in großem Maßstabe nachzuweisen. So sind z. B. die Steinkohlenfelder der Karbonzeit in Pennsylvanien dort, wo ein starker gebirgsbildender Druck tätig war, im Alleghanygebirge, in Anthrazit übergegangen, während in den ungestörten Partien im westlichen Teile von Pennsylvanien bituminöse Steinkohlen gefunden werden. Wahrscheinlich hat die Gebirgsbildung zeitweise eine Temperaturerhöhung der Schichten hervorgerufen und so die Anthrazitbildung unterstützt; das eigentliche Agens bleibt jedoch der Druck.

Zum Schlusse weist Dr. Boeke noch auf die Prozesse hin, die man unter dem Namen Verwitterung zusammenfaßt. Auch hier wartet noch viel Unerforschtes auf Bearbeitung, namentlich Probleme von hoher kultureller Wichtigkeit, da erst die lockere Verwitterungsschicht Pflanzenwachstum und auf Grund dessen Tier- und Menschenleben zuläßt.

Daß bei der Entstehung der Mineralien, insbesondere bei der Bildung der Kristalle auch noch Einflüsse von Wichtigkeit sein können, an die man vor kurzem noch nicht dachte, beweist eine Untersuchung L. Frischauers*) über den Einfluß des Radiums auf die Schnelligkeit der Kristallisation. Sehr sorgfältig gereinigter Schwefel, der sich in geschmolzenen Tröpfchen wegen der Beständigkeit derselben unter dem Mikroskop bequem beobachten läßt, wurde durch Destillation möglichst gleichmäßig auf Objektträgern ausgebreitet und durch Uhrgläschen hermetisch abgeschlossen. Sich selbst überlassen, gaben die sehr winzigen Tröpfchen auf 1·2 Quadratzentimeter Fläche während einer Woche durchschnittlich nur einen Tropfen täglich. Nachdem aber jeder Objektträger zur Hälfte mit einem 5 Millimeter dicken Bleischirm bedeckt und in seiner anderen Hälfte der Wirkung einer Kugel von 25 Milligramm Radiumbromid ausgesetzt war, konnte man schon nach drei Stunden Strahlung in der nichtbedeckten Hälfte eine Zunahme der Kristallisationsmittelpunkte beobachten. Nach ein bis zwei Tagen war ihre Zahl doppelt so groß wie unter der schützenden Bleihülle. Nach 25 Tagen hatte die bestrahlte Hälfte fast fünfmal mehr Kerne als die geschützte, obwohl einzelne Tröpfchen ihre Durchsichtigkeit auch in unmittelbarer Nähe des Radiums behielten. Frischauer meint, diese Wirkung, die auch mittels Radiumemanation erzielt werden konnte, den β-Strahlen des Radiums zuschreiben zu müssen.

Über die Diamantfunde in Südwestafrika hat der kgl. Bezirksgeologe Dr. H. Lotz einen Bericht abgestattet, dem das Folgende entnommen ist.*) Die Entdeckung der Fundstätte bei Lüderitzbucht fand im Mai 1908 durch einen Eingeborenen statt, der im Dienste einer dortigen Firma die Bahnstrecke östlich von Lüderitzbucht von Sandverwehungen zu reinigen hatte und dabei einen Diamanten fand. Früher in Kimberley tätig, erkannte er den Stein und seinen Wert, begegnete aber doch großem Unglauben, bis ein im Wanderdünengebiete stationierter Bahnmeister weitere Funde machte, woraufhin sich bald eine rege Schurftätigkeit erhob.

Das Geologische der Fundstätte ist kurz folgendes. Annähernd nach Süden streichende Gneisgranite bilden in der Umgegend von Lüderitzbucht den Steilabfall des südafrikanischen Hochplateaus. Die Gebirgsschichten bilden meist flache, nach Süden verlaufende Kämme oder Kuppenreihen, die sehr stark zersetzt und verwittert sind, so daß dazwischen weite Schuttflächen liegen. In wenigen Gegenden der Erde dürften die Wirkungen der Abnagung und Verblasung durch die Winde (Korrosion und Deflation) so schön zu beobachten sein wie hier. Besonders die zur heißen Jahreszeit fast täglich beobachteten, oft zu tagelangem Orkan wachsenden Südwinde, welche die Sandmassen der Küste teils ins Innere, teils längs der Küste nach Norden tragen, dürften dabei mitgewirkt haben.

Die Diamanten liegen in längsgezogenen Flächen nordsüdlicher Erstreckung zwischen den Kuppen aus anstehendem Gestein, fast in unmittelbarem Anschlusse an den westlichen Rand des Wanderdünenstreifens, den sie von Elisabethbucht bis zur Gallovidiabucht nördlich Lüderitzbucht begleiten. Mitten

*) Compt. rend. t. 158, S. 1251 ff.

*) Monatsberichte der Deutsch. Geol. Gesellsch., 1909, Zentralbl. für Mineral. usw. 1909, Nr. 8.

in den Wanderdünen oder östlich davon sind noch keine Diamanten gefunden. Oftmals sind mehrere Felder durch anstehendes Gestein oder taube Flächen voneinander getrennt. Das Begleitmaterial der Diamanten besteht aus Dünensand, einem rötlichen Feinsand (70—80 Prozent) und feinem bunten Kies von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zur Größe flacher Linsen von 2 bis 6 Millimetern Durchmesser (30—20 Prozent). Die bunte Farbe des Kieses, hervorgerufen durch Bruchstücke kleiner Streifenachate, Jaspis, Eisenkiesel und andere schwarze und grüne Steinchen, ist das kennzeichnende Merkmal, ohne den Schotter überhaupt stallisiert, meistens hell gefärbt und klar durchsichtig. Neben Steinen von reinstem Wasser zeigen sich mannigfache, aber meist lichte Farbentöne, lichtgelbliche, grünliche, rötliche, seltener dunkle. Der Preis für die Lüderitzdiamanten ist von ursprünglich 25 auf gegenwärtig 50 bis 60 Mark für das Karat gestiegen. Die Steine sind nach dem Urteil der Händler vortrefflich und ähneln den Vaalriverdiamanten, die als die besten gelten.

Nach der Ansicht von Dr. Lotz sind die Diamantlagerstätten der Lüderitzbucht ältere, zum Teil durch den Wind aufbereitete und verlagerte Küstenbildungen. Die Küste ist im Aufsteigen begriffen.



Bei den Diamantensuchern in Deutsch-Südwestafrika (Lüderitzbucht).

keine Diamanten. Die als gewinnbringend abgebauten Schichten sind von sehr geringer Dicke, 10 bis 40 Zentimeter, der ursprünglich unter ihnen vermutete feste Blaugrund hat sich nicht gefunden.

Die Verteilung der Diamanten in dem Feinkies ist sehr verschieden. Neben weiten Strecken, deren Ertrag gleich Null ist, finden sich große, sehr reiche Flächen und Streifen. Bei den bisher abgebauten Flächen schwankt der Diamantgehalt zwischen 1/4 und 5/4 Karat pro Quadratmeter. Obwohl nur ein kleiner Teil der bisher verliehenen Felder in Förderung steht, dürften doch schon aus diesen mindestens 600 Karat täglich, bei 300 Arbeitstagen also 180.000 Karat im Jahr gewonnen werden. Vielleicht wird man in Zukunft auf eine jährliche Ausbeute von einer halben Million Karat rechnen können, was gegenüber den 5·3 Millionen Jahresproduktion in Britisch-Südafrika (1906) noch nicht viel wäre.

Die Diamanten sind von auffallender Gleichmäßigkeit der Größe, durchschnittlich 1/4 bis 1/5 Karat schwer; der größte, bisher gefundene Stein wiegt wenig über 2 Karat (1 Karat = 205 Milligramm). Sie sind trotz des Transports, den sie durchgemacht haben müssen, fast sämtlich wohl kri-

Aus dem Innern Südwestafrikas werden sie kaum herzuleiten sein, da, abgesehen vom Oranjeflusse, kein Flußsystem vorhanden ist, durch das eine Abschwemmung der Kiese mit ihren Begleitgesteinen nach der jetzigen Lagerstätte erfolgen konnte.

Von einem der wichtigsten Bodenschätze des Deutschen Reiches, den Kalisalzlagern, die bisher auf Norddeutschland beschränkt erschienen, sind nach Untersuchungen Prof. Försters in Mülhausen im Elsaß nunmehr auch in Süddeutschland Schichten entdeckt worden.*) Die nord- und mitteldeutschen Vorkommen gehören sämtlich der Zechsteinformation an, der obersten Schicht der paläozoischen Gesteinsgruppe, und da diese südlich des Mains fehlt, so schienen hier auch keine Kalisalze zu erwarten. Nun ist jedoch bei Mülhausen i. E. ein abbauwürdiges Lager dieser Art entdeckt worden, allerdings nicht dem Zechstein, sondern einer tertiären Schicht, dem Oligozän, angehörig und das erste tertiäre Vorkommen von Kalisalz in Deutschland, während aus den untermiozänen Steinsalzlagern Galiziens auch Kalisalze (Sylvin und Kainit), allerdings nur in geringfügiger Menge, bekannt

*) Zeitschr. für prakt. Geol., 1908, Nr. 12.

sind. Im Elsaß befinden sich unter dem Diluvium zwei Steinsalzlager; in dem oberen wurden ein und stellenweise zwei Kalisalzlager von einer Mächtigkeit bis zu 5 Metern angetroffen. Durch Bohrungen wurde die Verbreitung dieses Lagers über ein Gebiet von mehr als 200 Quadratkilometern Fläche innerhalb der Orte Heimsbrunn, Sausheim, Ensisheim, Regisheim, Ungersheim, Sulz, Sennheim und Schweighausen festgestellt. Zu Wittelsheim innerhalb dieser Umgrenzung ist die Ausbeutung des Lagers schon in Angriff genommen. Die beiden Lager führen Sylvinit ($NaCl + KCl$) mit 30—35 Prozent Chlorkalium, während Magnesiasalze im Gegensatze zu allen Kalilagern des Zechsteins fehlen. Durch dieses erste tertiäre Vorkommen erfährt das Monopol auf Kali, das Deutschland einer glücklichen Verkettung verschiedener geologischer Umstände verdankt, eine weitere Befestigung.

Stoffe und Energien.

(Physik und Chemie.)

Die Atomtheorie einst und jetzt. * Die Radiumforschung. * Die Verwandlung der Elemente.

Die Atomtheorie einst und jetzt.

Vom Aschenputtel zur Prinzessin: mit diesen Worten kann man in kürzester Weise den Entwicklungsgang jener Hypothese charakterisieren, die der Physiker Dalton im Jahre 1805 aufstellte, um eine Erklärung für die Verbindung der Elemente in bestimmten Verhältnissen zu geben. Ebensowenig wie beim Äther, einer etwas älteren Arbeitshypothese, konnte ein Mensch angeben, ob das angenommene Atom eine reale Existenz führe oder ob es nur in den Köpfen der Forscher spuke, die seiner zur Erklärung bestimmter Naturerscheinungen bedurften. Da die Atomtheorie jedoch die Tatsachen in der Chemie aufs einfachste erklärte, so gewann sie als sehr bequeme und wertvolle Arbeitshypothese in der Wissenschaft schnelle Verbreitung. Sie erfuhr auch Angriffe, eine philosophische Richtung wünschte sie aus ihrer Stellung als Grundlage der Erklärung in der Chemie zu beseitigen; aber diese Verneinung der Atomtheorie half nicht und hilft nicht dazu, neue Entdeckungen zu machen. Man hielt also an ihr fest und dies mit Recht, wie Prof. E. Rutherford in einer zu Winnipeg in Canada 1909 gehaltenen Rede nachweist; denn heute ist das ehemalige Aschenputtel allgemein als Prinzessin anerkannt.*) Man ist soweit gelangt, das Atom — wenn auch noch nicht mit Augen zu sehen, so doch nach seiner Anwesenheit feststellen, messen und wägen zu können.

Es sind vor allem die neuen Arbeiten über Radioaktivität, die dem Atom Leben und Gestalt in unserer Vorstellung gegeben haben. Bekanntlich werden die sogenannten α-Strahlen des Radiums sowohl durch magnetische als auch durch elektrische Felder abgelenkt (s. Jahrb. III, S. 116). Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß diese Strahlung korpuskulärer Art ist und aus einem Strome positiv geladener Teilchen besteht, die das Radium mit sehr großer Geschwindigkeit ausschleudert. Die Ablenkung der Strahlen beim Durchgang durch magnetische oder elektrische Strahlen ist gemessen worden und diese Messungen hat man benützt, um das Verhältnis der von den Teilchen getragenen elektrischen Ladung (e) zu ihrer Masse (m) zu bestimmen. Die Größe dieser Quantität weist darauf hin, daß die Teilchen Atomdimensionen haben.

Rutherford und Geiger haben kürzlich mittels einer direkten Methode gezeigt, daß die α-Strahlung, wie auch der sonstige Augenschein andeutet, diskontinuierlich ist, d. h. aus getrennten Teilchen besteht, und daß es möglich ist, durch eine besondere Anordnung des Versuches den Übergang eines einzelnen α-Teilchens in ein passendes Gefäß zu entdecken. Der Eintritt eines α-Teilchens durch eine kleine Öffnung markierte sich durch eine plötzliche Bewegung der Elektrometernadel, die als Meßinstrument diente. So konnte man durch Zählen der Menge gesonderter, der Elektrometernadel mitgeteilter Antriebe direkt die Menge der α-Teilchen bestimmen, die in der Sekunde von einem Gramm Radium ausgeschleudert wurden.

Das Ergebnis dieser Zählung läßt sich noch nach einer ganz anderen Methode bestätigen. W. Crookes hat gezeigt, daß, wenn man die α-Teilchen auf einen Schirm von phosphoreszierendem Zinksulfid fallen läßt, eine Anzahl glänzender Fünkchen beobachtet wird (s. Jahrb. III, S. 117). Anscheinend erzeugt der Anprall eines jeden α-Teilchens einen sichtbaren Lichtblitz an der Stelle, wo es den Schirm trifft. Bei Anwendung geeigneter Schirme kann man die Anzahl der Szintillationen (Funkenerscheinungen) per Sekunde auf einer gegebenen Fläche mittels des Mikroskops zählen. Die Zahl der auf diese Weise bestimmten Szintillationen gleicht der Menge der aufstoßenden α-Teilchen, die nach der elektrischen Methode gezählt sind. Dies zeigt, daß der Stoß eines jeden Teilchens auf das Zinksulfid eine sichtbare Funkelung erzeugt. Man hat also zwei Methoden, eine elektrische und eine optische, die Emission eines einzelnen Radium-α-Teilchens zu entdecken.

Die nächste Frage ist die nach der Natur des α-Teilchens selbst. Der allgemeine Augenschein weist darauf hin, daß dieses Teilchen ein geladenes Heliumatom ist und diese Annahme wurde entschieden

*) Naturw. Rundsch., XXIV (1909), Nr. 38 u. 39.

bestätigt durch Rutherford und Royds, die zeigten, daß in einem evakuierten (luftentleerten) Raume Helium erschien, wenn in ihn α-Teilchen hineingeschossen wurden. Das vom Radium erzeugte Helium rührt von angehäuften α-Teilchen her, die fortwährend vom Radium ausgeschleudert werden. Messen wir die Schnelligkeit der Heliumbildung aus Radium, so haben wir ein Mittel, direkt zu bestimmen, wieviel α-Teilchen zur Bildung eines bestimmten Volumens Heliumgas erforderlich sind. Nach den Messungen von James Dewar erzeugt 1 Gramm Radium im radioaktiven Gleichgewicht pro Tag 0·46 Kubikmillimeter Helium oder per Sekunde $5{\cdot}32 \times 10^{-6}$ Kubikmillimeter. Aus den direkten Zählungsversuchen ist nun bekannt, daß $13{\cdot}6 \times 10^{10}$ α-Teilchen per Sekunde von 1 Gramm Radium im radioaktiven Gleichgewicht ausgesandt werden. Somit sind $2{\cdot}56 \times 10^{19}$ α-Teilchen erforderlich, um 1 Kubikzentimeter Helium bei normalen Druck- und Temperaturverhältnissen zu bilden.

Aus anderen Reihen von Beweisen hat sich ergeben, daß alle α-Teilchen, aus welcher Quelle sie immer stammen mögen, in Masse und Beschaffenheit gleich sind. Folglich wird das α-Teilchen, das als gesondertes Wesen auf seinem Fluge existiert, auch als gesondertes Wesen existieren können, wenn die α-Teilchen vereinigt sind, um ein meßbares Volumen Heliumgas zu bilden; mit anderen Worten: das α-Teilchen wird, wenn es seine elektrische Ladung verliert, die Grundeinheit oder das Atom des Heliums. Bei einem einatomigen Gase wie Helium, wo Atom und Molekül für identisch gelten, bietet der Schluß keine Schwierigkeit, daß aus der möglichen Verbindung von zwei oder mehr Atomen sich ein kompliziertes Molekül bildet.

Wir schließen daher aus diesen Versuchen, daß ein Kubikzentimeter Helium bei Normaldruck und -Temperatur $2{\cdot}56 \times 10^{19}$ Atome enthält. Da man die Dichte des Heliums kennt, so folgt sofort, daß jedes Heliumatom eine Masse von $6{\cdot}8 \times 10^{-24}$ Gramm besitzt; auch der mittlere Abstand der Moleküle voneinander in gasförmigem Zustand läßt sich berechnen. Auch auf anderem Wege ist die Richtigkeit dieser Ergebnisse bestätigt worden.

Diese Versuche scheinen Rutherford, im ganzen genommen, einen fast direkten und überzeugenden Beweis für die atomistische Zusammensetzung der Materie zu bilden. Durch direktes Zählen ist die Anzahl von identischen Wesen, die erforderlich sind, ein bekanntes Volumen Gas zu bilden, ermittelt worden. Dürfen wir nicht daraus schließen, daß das Gas diskrete Struktur hat und daß jene Zahl die wirkliche Anzahl der Atome im Gase angibt?

Sobald die Vorstellung von der gesonderten Struktur der Materie festen Halt gewonnen hatte, wurden natürlich Versuche gemacht, den Grad der Grobkörnigkeit der Materie zu schätzen und sich eine Vorstellung von den Dimensionen der Moleküle zu bilden, unter der Annahme, daß sie eine räumliche Ausdehnung haben. Zunächst versuchte man mit Hilfe der kinetischen Gastheorie, die Anzahl der Moleküle in einem Kubikzentimeter eines Gases bei Normaldruck und -Temperatur zu schätzen. Doch sind diese Schätzungen nur annähernde und können vielfach nur dazu dienen, eine untere und eine obere Grenze der Zahl der Moleküle zu setzen. Über den Durchmesser eines Moleküls läßt sich damit kaum etwas annähernd Sicheres ermitteln.

Die Anzahl der Moleküle in einem Kubikzentimeter eines Gases bezeichnet man mit N. Die neueren Methoden erlauben uns, den Wert von N mit viel mehr Sicherheit und Schärfe festzustellen, als vor wenigen Jahren möglich war. Perrin fand auf Grund einer sehr ungewöhnlichen und geistreichen Methode, daß die Anzahl der Moleküle in einem Kubikzentimeter unter Normaldruck und -Temperatur $3{\cdot}14 \times 10^{19}$ betrage; durch die direkte Zählungsmethode wurde, wie oben angegeben, die Zahl $2{\cdot}56 \times 10^{19}$ für N erhalten. Eine andere sehr einfache Methode, N aus radioaktiven Daten zu bestimmen, gründet sich auf die Umwandlungsgeschwindigkeit des Radiums. Boltwood hat durch direkten Versuch ermittelt, daß Radium halb umgewandelt wird in 2000 Jahren. Hieraus folgt, daß anfänglich in 1 Gramm Radium 0·346 Milligramm per Jahr zerfallen. Nun ist aus der Zählmethode bekannt, daß $3{\cdot}4 \times 10^{10}$ α-Teilchen per Sekunde aus 1 Gramm Radium ausgesandt werden und der Augenschein weist darauf hin, daß ein α-Teilchen den Zerfall eines jeden Atoms begleitet. Folglich ist die Zahl der in jedem Jahre ausgetriebenen α-Teilchen ein Maß für die Anzahl Radiumatome, die in 0·346 Milligramm zugegen sind. Hieraus folgt, daß in 1 Gramm Radium $3{\cdot}1 \times 10^{21}$ Atome vorhanden sind, und wenn man das Atomgewicht des Radiums zu 225 annimmt, ergibt sich durch einfache Ableitung, daß $N = 3{\cdot}1 \times 10^{19}$ ist.

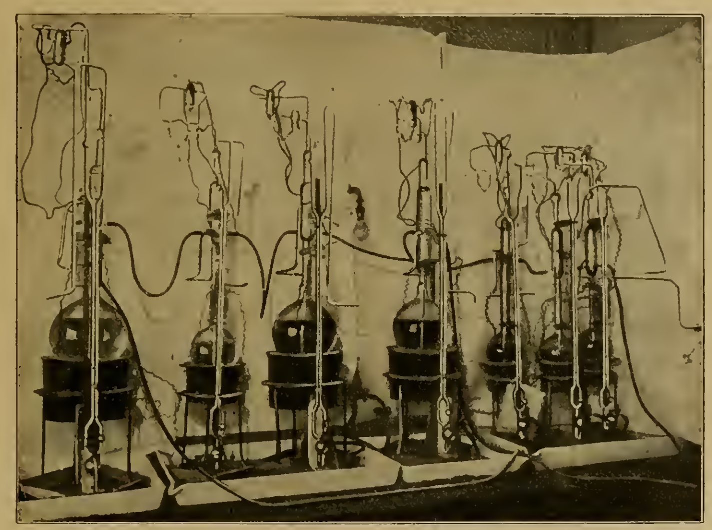
Anstatt die Methoden weiter zu verfolgen, mittels derer die negative elektrische Ladung (e) eines Moleküls und die Zahl der Moleküle in 1 Kubikzentimeter bei Normaldruck und -Temperatur (N) festgestellt worden ist, sei schließlich nur noch zusammenfassend bemerkt, daß N etwa $2{\cdot}77 \times 10^{19}$ und daß der Wert der fundamentalen Mengeneinheit der Elektrizität etwa $4{\cdot}65 \times 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten ist. Aus diesen Angaben läßt sich in einfacher Weise die Masse irgend eines Atoms, dessen Atomgewicht bekannt ist, ableiten, sowie der Wert einer Anzahl verwandter atomistischer und molekularer Größen bestimmen.

Hie und da wird wohl angenommen, daß die Entwicklung der Physik in den letzten Jahren die Gültigkeit der Atomtheorie der Materie in Frage gestellt habe. Das ist jedoch ganz irrig; denn die neuen Entdeckungen haben nicht nur den Augenschein zur Stütze der Theorie bedeutend gestärkt, sondern einen fast direkten und überzeugenden Beweis ihrer Richtigkeit gegeben. Das chemische Atom als eine bestimmte Einheit in der Unterabteilung der Materie ist nun unbezwinglich sichergestellt. Klammert man sich nur nicht an die wörtliche Bedeutung des Namens (Atom = Unteilbares), so hat man schon lange in der Chemie das Atom nur als die kleinste, eine gewöhnliche chemische Verbindung eingehende Einheit der Materie bezeich-

net. Man hat nie die Annahme gemacht, daß das Atom selbst unzerstörbar und ewig ist, oder daß nicht schließlich Methoden für seine Teilung in noch elementarere Einheiten gefunden werden könnten. Das Auftreten des Elektrons hat gezeigt, daß das Atom nicht die kleinste Masseneinheit ist, von der wir Kenntnis haben, während sich aus dem Studium der radioaktiven Körper ergeben hat, daß die Atome einiger Elemente von hohem Atomgewicht (Uran, Thor, Radium) nicht dauernd stabil sind, sondern aus freien Stücken zerfallen unter Erscheinen neuer Typen von Materie. Diese Fortschritte in der Erkenntnis schwächen keineswegs die Stellung des chemischen Atoms, sondern zeigen vielmehr seine große Wichtigkeit als eine Unterabteilung der Materie, deren Eigenschaften bis ins Kleinste studiert werden müssen.

Unsere Vorstellungen von der atomistischen Zusammensetzung sind bedeutend erweitert worden durch den Beweis, daß Korpuskeln und Elektronen bestehen, deren Masse im Vergleiche mit der des Wasserstoffatoms scheinbar sehr klein ist. Die Existenz des Elektrons als eines getrennten Wesens ist durch ähnliche Methoden und fast mit derselben Sicherheit festgestellt, wie die Existenz des einzelnen α-Teilchens. Allerdings ist es bisher noch nicht möglich gewesen, ein einzelnes Elektron durch seine elektrische oder optische Wirkung zu entdecken und so die Zahl direkt zu bestimmen wie bei den α-Teilchen. Doch wird das sicherlich in Zukunft noch erreicht werden.

Der Versuch hat gezeigt, daß die scheinbare Masse des Elektrons mit seiner Geschwindigkeit variiert und durch Vergleichung der Theorie mit dem Experiment ergab sich der Schluß, daß die Masse des Elektrons gänzlich elektrischen Ursprungs ist und daß keine Notwendigkeit vorliegt, einen materiellen Kern anzunehmen, auf dem die elektrische Ladung verteilt ist. Zweifellos können die Elektronen von dem Atom oder Molekül auf verschiedene Weise freigemacht werden und, wenn in schnelle Bewegung versetzt, eine unabhängige Existenz behalten. Über die wirkliche Konstitution der Elektronen dagegen und über die Rolle, die sie im Bau des Atoms spielen, herrscht noch große Ungewißheit. Ziemlich sicher ist das Atom ein verwickeltes System, das aus einer Anzahl positiv und negativ geladener Massen besteht, die hauptsächlich durch elektrische Kräfte im Gleichgewicht gehalten werden; aber es ist schwer, die relative Wichtigkeit der Rolle anzugeben, welche die Träger der positiven und negativen Elektrizität spielen. Während letztere als besonderes Wesen, als Elektron, existieren kann, fehlt noch der entscheidende Beweis für die Existenz eines entsprechenden positiven Elektrons.



Flaschen zum Nachweis von sich bildendem Helium.

Die Elektronen spielen in dem Aufbau des Atoms zwei verschiedene Rollen, eine als lose angefügte und leicht entfernbare Trabanten oder Anlieger des Atomsystems, und die andere als wesentliche Bestandteile der inneren Struktur des Atoms. Die ersteren, die leicht losgelöst oder in Schwingung versetzt werden können, haben wahrscheinlich einen wichtigen Anteil bei der Verbindung der Atome zu Molekülen und in den Spektren der Elemente. Die letzteren, die mit viel stärkeren Kräften am Orte festgehalten werden, können nur freigemacht werden durch das Resultat einer Explosion des Atoms, die den Zerfall des Atoms in sich schließt. So z. B. scheint das Freimachen eines Elektrons mit langsamer Geschwindigkeit durch gewöhnliche Laboratoriumsmittel die Stabilität des Atoms nicht zu gefährden; aber das Austreiben des Elektrons mit hoher Geschwindigkeit aus einer radioaktiven Sub-

stanz ist die Begleiterscheinung einer Umwandlung des Atoms.

Diese Umwandlung der Atome ist und wird noch lange ein Gegenstand des höchsten Interesses der physikalischen Wissenschaft bleiben.

Für die Annahme eines Zerfalles der Materie in einfachere Bestandteile, als die Atome sind, bieten auch die Versuche Prof. Dr. G. Zenghelis' über die Unzerstörbarkeit der Materie einen Beweis. Die Leser der früheren Jahrbücher werden sich erinnern, daß nach Prof. Landolt bei chemischen Versuchen das Gesamtgewicht der die Verbindungen eingehenden Körper Veränderungen, eine Zunahme, viel häufiger jedoch eine Abnahme erfuhr (Jahrb. V, S. 96). Bei Erneuerung seiner Versuche unter weit strengeren Versuchsbedingungen fand Landolt, daß die Gewichtsabnahme auf einer Fehlerquelle beruhe, daß sie nämlich daher rühre, daß die bei den Experimenten erwärmten und ausgedehnten Gefäße zu der Zeit, als man die Nachprüfung mit der Wage vornahm, ihr ursprüngliches Volumen noch nicht wieder erreicht hatten (Jahrb. VII, S. 82). Diese Erklärung genügt aber nicht für die Fälle, wo die größten Gewichtsverluste stattgefunden hatten, auch nicht für die Reaktionen, die unter sehr kleiner Temperaturerhöhung stattfanden — und dazu gehörten die meisten der untersuchten.

Man kam deshalb schon von Anfang an auf die Vermutung, daß die Gewichtsabnahmen auf ein Entweichen minimaler Stoffmengen durch die Wandungen der luftdicht zugeschmolzenen Versuchsgefäße zurückzuführen seien, und Prof. Zenghelis, der diese Erklärung für die wahrscheinlichste hielt, machte es zu seiner Aufgabe, sie auf ihre Richtigkeit zu prüfen.*)

Um zu prüfen, ob es wirklich Gase oder Dämpfe im allgemeinen sowie in den von Landolt festgestellten Fällen gibt, die durch Glas hindurchgehen können, bediente er sich feiner Silberblättchen, die er als ausgezeichnetes Mittel zum Nachweis minimaler Mengen von Metall- und anderen Dämpfen erkannt hatte. Wenn man nämlich solche Blättchen über einen festen Körper in einem geschlossenen Gefäße aufhängt, z. B. über einem Oxyd oder einem Salze, selbst über manchen Metallen in Pulverform, so fangen sie nach Verlauf einiger Tage oder auch Monate an, von den ausgesandten Dämpfen jener Stoffe angegriffen zu werden und ein gelbliches, sogar goldfarbiges oder rötliches Aussehen anzunehmen.

Um den vermuteten Durchgang der Dämpfe durch das Glas festzustellen, tat Prof. Zenghelis die zu untersuchenden Körper in zugeschmolzene Gefäße. Auf deren äußere Glaswandung wurden dünne Silberblättchen befestigt und das Ganze durch ein großes Glas bedeckt, das durch Paraffin luftdicht mit einer Glasscheibe als Untersatz verbunden wurde. Auf diese Weise wurden Versuche mit mehr als 15 Körpern gemacht, darunter solchen, bei denen Landolt die größten Gewichtsabnahmen beobachtet hatte. Außer durch Augenschein konnte der Angriff der Dämpfe durch Analyse qualitativ, in manchen günstigen Fällen auch quantitativ festgestellt werden. Dabei wurde auch der Einfluß des Druckes, der Temperatur, der Wandstärke und des Volumens der Gefäße beobachtet. Endlich wurden statt der Silberblättchen auch andere passende Reagenzien benützt.

Das Ergebnis dieser Versuche war, daß viele Gase oder Dämpfe, selbst solche von festen Körpern, bei gewöhnlicher Temperatur in geringem Grade die Fähigkeit besitzen, durch das Glas hindurchzugehen. Diese Fähigkeit steht nicht immer im Verhältnis zu der Verdampfbarkeit der Körper — so geht z. B. Jod leichter als Chlor oder Brom durch das Glas —, sie wächst aber bedeutend mit der Verminderung des Druckes und der Dicke des Glases. Joddampf, Chlor, Brom usw. gehen durch dünne Gläser oder durch im Vakuum befindliche Glasgefäße sehr leicht hindurch. Damit jedoch die von den verschiedenen Körpern ausgehenden Dämpfe die Fähigkeit erwerben, die Poren des Glases zu durchdringen, müssen sie einen äußerst verdünnten Zustand annehmen, was wahrscheinlich dadurch geschieht, daß sie einer nachträglichen Spaltung unterliegen.

Nach Thomson erzeugen die meisten Körper Emanationen als Ergebnis des Materiezerfalles und Rutherford nimmt an, daß es Umwandlungen gibt, die analog den radioaktiven Umwandlungen, aber ohne Aussendung wirksamer Strahlen vor sich gehen. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß so die in äußerst kleinen Mengen vorhandenen Spaltungsprodukte von Gasen und Dämpfen durch die Poren des Glases passieren, ähnlich wie die Kathodenstrahlen, die auch eine sehr kleine Masse haben und Glas ungehindert durchdringen.

Da nun die Möglichkeit feststeht, daß solche Dämpfe und Gase Glas durchdringen, so erklären sich die Gewichtsabnahmen, die Landolt beobachtet hat, auf diese Weise, wenigstens in den Fällen, in denen sich die Erklärung Prof. Landolts mittels der Volumvergrößerung nicht anwenden läßt.

*) Zeitschr. für phys. Chemie, Bd. 65 (1909), S. 341; Die Umschau, XIII. Jahrg. (1909), Nr. 22.

Die Radiumforschung.

Über den gegenwärtigen Stand der Radiumforschung hat Prof. J. Elster in der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Salzburg (23. September 1909) einen zusammenfassenden Bericht gegeben, aus dem folgendes zu entnehmen ist.*)

Die Vermutung, daß die Quelle der radioaktiven Energie auf irgendeine Aufnahme von außen zurückzuführen sei, erwies sich als falsch. Auch die geistreiche Annahme der Frau Curie, daß man, um die Wirkung des Urans und Thors zu verstehen, sich vorstellen könne, der Raum werde unausgesetzt von Strahlen ähnlich den Röntgenstrahlen durchsetzt, die jedoch mit sehr viel stärker durchdringender Kraft ausgestattet seien und nur von Elementen mit sehr hohem Atomgewicht, wie Thor und Uran, absorbiert und dabei in sekundäre, eben die radioaktiven Strahlen, verwandelt würden, auch diese Vermutung hat sich als unhaltbar erwiesen.

*) Naturw. Rundsch., XXIV (1909), Nr. 43.

Die Versuche, eine Beschleunigung oder Verzögerung des Atomzerfalles der Radioelemente durch äußere Eingriffe herbeizuführen, haben bisher keinen Erfolg gehabt. Namentlich hat sich eine Temperaturerhöhung bis zu 1500° C auf Strahlung und Umwandlung der Radiumemanation und ihrer Zerfallprodukte als völlig unwirksam erwiesen. Ebensowenig hatten Druckkräfte von der Stärke, wie sie im Innern des Erdkörpers herrschen, bis zu 2000 Atmosphären, einen Einfluß auf die Verlangsamung des Atomzerfalles in den Präparaten und aufzuheben vermochten sie ihn erst recht nicht. Es hat sich also bisher keine Tatsache entdecken lassen, die dem Gesetze von der Beständigkeit der Aktivität widerspräche.

Eine chemische Trennung aktiver Stoffe von inaktiven in natürlichem Vorkommen darf man nur erwarten, sofern es sich um ein Radioelement handelt, dessen mittlere Lebensdauer eine große ist. In Stoffen, die dem Schoße der Erde entstammen, wird man daher auch nur den chemischen Nachweis von Uran, Thorium, Radium, Polonium, Actinium und dem neu entdeckten Jonium erwarten dürfen. Eine eigenartige Stellung gegenüber dem Radium und seinen Zerfallprodukten nimmt das Blei ein. Im Handel erhältliches Blei, das vor nicht allzu ferner Zeit aus Bleierzen ausgeschieden ist, weist fast stets eine gewisse unsichtbare Strahlung auf; diese ist jedoch nach Untersuchungen Elsters und Geitels stets auf einen Gehalt des Bleies an Polonium zurückzuführen. Dagegen kommt den beiden Alkalimetallen Kalium und Rubidium eine zwar sehr geringe, aber unzweideutig erkennbare Aktivität zu und verschiedene Anzeichen sprechen dafür, daß eine Infektion (Ansteckung) durch ein noch unbekanntes Radioelement nicht vorliegt. Die Strahlung des Kaliums ist nach ihrer Ablenkbarkeit im Magnetfelde eine β-Strahlung.

Die Schlüsse, die aus dem Verhalten der Radiumstrahlen im Magnetfelde gezogen wurden, führten P. Curie dahin, zwei spezifisch unterschiedene Strahlungen, die α- und β-Strahlen, anzunehmen, worauf Villard darauf aufmerksam machte, daß in der Gesamtstrahlung des Radiums noch eine dritte Teilstrahlung vorhanden sei, die sich durch große Durchschlagskraft und völlige Unempfindlichkeit gegenüber äußeren magnetischen Kräften auszeichne.

Diese γ-Strahlung, wie man sie heute nennt, wurde bisher entsprechend der Röntgenstrahlung, mit der sie nahe verwandt und vielleicht gar identisch ist, aufgefaßt als hervorgerufen durch Impulse im Äther, ausgehend von jenen Stellen, an denen die β-Strahlen auf ein Hindernis stoßen. Das ist jedoch nach neueren Versuchen Starkes nicht richtig, da es nicht gelang, an jenen Stellen, die von dem Anprall der β-Strahlen getroffen wurden, mit Sicherheit eine Entwicklung von γ-Strahlen nachzuweisen. Bragg schreibt den letzteren korpuskulare Natur zu. Sie sollen dadurch zu stande kommen, daß bei einem Teile der auffallenden β-Teilchen die negative Ladung durch Verkettung mit einem positiven Teilchen neutralisiert wird. Da die γ-Teilchen aber im magnetischen und elektrischen Felde nicht abgelenkt werden, so sind sie mittels Experiments ebenso schwierig faßbar wie die Röntgenstrahlen und ihrer Natur nach ebenso unbekannt wie diese.

Dagegen sind wir über die Entstehung und den Bau der α- und β-Strahlen dank den Bemühungen vieler Forscher bis ins einzelne orientiert. Es ist erstaunlich, zu wie großen experimentellen und theoretischen Erfolgen die grobsinnliche Auffassung dieser Gebilde als Schwärme kleinster elektrischer Geschosse geführt hat, deren jedes einzelne aus dem Verbande des Atoms mit einer Geschwindigkeit herausgeschleudert wird, deren Größenordnung an die des Lichtes heranreicht.

Anfangs zogen die β-Strahlen fast ausschließlich die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich. Aus ihrem Verhalten im elektrischen und magnetischen Felde ging hervor, daß sie den Kathodenstrahlen ihrer Natur nach nahe verwandt sind. In einem Punkte herrscht jedoch zwischen beiden Strahlungsarten keine Analogie. Nach Lenards Versuchen erfolgt die Absorption (das Verschlucktwerden innerhalb des durchstrahlten Körpers) bei den Kathodenstrahlen nach dem einfachen Gesetze, daß diese Absorption der Dichte des absorbierenden Körpers direkt proportional ist. Die Schichtdicken aber, die erforderlich sind, die β-Strahlung bis auf einen bestimmten Bruchteil zu schwächen, wachsen zwar mit abnehmender Dichte des Körpers auch, aber nicht in direktem oder konstantem Verhältnisse.

O. Hahn und L. Meitner, welche die Absorption der β-Strahlen aller bekannten Radioelemente und ihrer Zerfallprodukte untersuchten, kamen zu dem Ergebnisse, daß anscheinend jeder einheitliche radioaktive Körper auch nur β-Strahlen einer bestimmten Art aussendet. H. W. Schmidt hat gefunden, daß der Absorptionskoeffizient mit zunehmender Filterdicke wächst, doch ist das vielleicht nur scheinbar. Eine Abnahme der Geschwindigkeit nach dem Durchgange der Strahlen durch Filterstoffe konnte nicht festgestellt werden, darin stimmen die β-Strahlen wieder mit den Kathodenstrahlen überein.

Ein direkter Beweis für die korpuskulare (körperchenartige) Natur der β-Strahlen liegt in der Beobachtung Regeners, daß durch den Aufprall solcher Teilchen auf einen Baryumplatincyanürschirm dieser zu szintillierender Phosphoreszenz angeregt werden kann. Die Anzahl der in einer Sekunde von einem Gramm Radium-C ausgesandten β-Teilchen hat kürzlich Makower auf $5 \cdot 10^{10}$ bestimmt.

Über die Natur der α-Teilchen, die Methoden ihrer Zählung, die Anzahl der von einem Gramm Radium in der Sekunde ausgesandten und die von einem Teilchen transportierte Elektrizitätsmenge ist in dem Bericht über Rutherfords Arbeit „Die Atomtheorie in der Physik" das Wichtigste gesagt worden (s. S. 89), so daß hier nur einige Ergänzungen folgen.

Wenn die α-Strahlen, die aus einem Schwarm positiv geladener Korpuskeln bestehen, also in ihrer Natur den Kanalstrahlen gleichen, eine Luftschicht von bestimmter oder eine feste Substanz von gleichwertiger Dicke durchsetzen, so verlieren sie, ohne

daß sich ihre Anzahl verringert, in einer bestimmten Entfernung vom Ausgangspunkte plötzlich und unvermittelt ihr Jonisierungsvermögen, d. h. die Fähigkeit, die atmosphärische Luft elektrisch leitend zu machen, ihre photographische Wirksamkeit und ihre Fähigkeit, auf den Zinksulfidschirm zu wirken. Dieses bisher noch völlig unaufgeklärte Verhalten ist um so auffallender, als sich die α-Teilchen nach Rutherfords Berechnung am scheinbaren Ende ihrer Flugbahn noch mit $^1/_{20}$ Lichtgeschwindigkeit bewegen und noch 40 Prozent ihrer ursprünglichen kinetischen Energie besitzen. Die Aufklärung dieses Verhaltens wird vielleicht für die physikalische Wissenschaft von prinzipieller Bedeutung sein.

Durch Verlust seiner positiven Ladung wird bekanntlich das α-Teilchen ein Heliumatom. Während aber die ihnen so ähnlichen Kanalstrahlen ihre positive Ladung nachgewiesenermaßen erst im freien Gasraume erhalten, verlassen die α-Teilchen nach einer Beobachtung von Aschkinaß höchstwahrscheinlich die Strahlungsquelle bereits positiv geladen, worin ein prinzipieller Unterschied in der Struktur der beiden Strahlenarten liegen würde; doch darf diese Frage noch nicht als abgeschlossen gelten.

Die wichtige Erkenntnis, daß in den radioaktiven Substanzen unausgesetzt radioaktive Materie erzeugt und vernichtet werde, wurde durch die Entdeckung der sogenannten X-Körper von seiten Crookes', Becquerels, Rutherfords und Soddys angebahnt. Von besonderer Bedeutung ist hier die Wahrnehmung Becquerels gewesen, daß das vom Uran-X befreite und kurz nach dessen Abscheidung inaktive (wirkungslose) Uransalz im Laufe der Zeit sein gesamtes Strahlungsvermögen wiedergewinnt, während das Uran-X allmählich seine Aktivität einbüßt. Dieses auffallende Verhalten wurde dann von Rutherford und Soddy am Uran-X und Thor-X quantitativ geprüft, wobei sich ergab, daß einerseits in einem reinen radioaktiven Körper fortwährend eine gesetzmäßig bestimmte Menge von anderer radioaktiver Materie erzeugt wird, während anderseits die so entstandene Materie vom Augenblick ihrer Erzeugung an in geometrischer Proportion mit der Zeit abnimmt. Dabei ist die Intensität der Strahlung in jedem Moment der Zahl der in dieser Zeit unverwandelt gebliebenen Atome proportional.

Aus dieser Theorie, die das Energieprinzip wahrt unter Verlegung eines Energievorrats in das Atom, folgt, daß jedem radioaktiven Körper nur eine bestimmte mittlere Lebensdauer zukommen kann und daß man berechtigt ist, bei jeder aktiven Substanz die Frage nach ihrer Muttersubstanz aufzuwerfen. Bezüglich des Radiums hat man letztere Frage dahin gelöst, daß das Uran als sein Vorfahr aufzufassen sei; über das Uran hinauszugehen und dessen Muttersubstanz zu ermitteln, liegt anscheinend weder eine Möglichkeit noch die Veranlassung vor. Nach einer einleuchtenden Schätzung sinkt die Strahlungsenergie des Urans erst in 330 Millionen Jahren auf ihren Halbwert, ist also während geologischer Epochen praktisch konstant. Möglicherweise existiert jedoch zwischen dem Uran und dem Radium noch ein Zwischenkörper, den Boltwood aufgefunden zu haben glaubt. Er nannte diesen Körper, der in seinem chemischen Verhalten dem Thorium sehr nahe steht, Jonium und sieht in ihm die Muttersubstanz des Radiums.

Das letzte Glied in der Reihe der Radiumabkömmlinge ist bekanntlich das Polonium, dessen α-Strahlungsintensität in etwa 140 Tagen auf den Halbwert sinkt, das sich daher in verhältnismäßig kurzer Zeit in einen inaktiven Körper verwandelt. Nach Rutherford zerfällt das Polonium in Helium und Blei. Daß das α-Teilchen in ungeladenem Zustand mit dem Heliumatom identisch ist, wurde seitdem durch das Experiment bewiesen. Nimmt man an (allerdings eine völlig unbewiesene Annahme), daß bei jeder Umwandlung, die unter Abschleuderung eines α-Teilchens vor sich geht, sich das Atomgewicht der zurückbleibenden Substanz um das des Heliums, also um vier, vermindert, so kommt man, da fünf derartige Umwandlungsstufen zwischen Radium und Polonium liegen, auf das Atomgewicht des Bleis (225—4·5 = 207; Blei = 206·9). Jedenfalls ist diese Frage der Entstehung des Bleis noch als ungelöst zu bezeichnen.

Von großer Wichtigkeit ist die Entdeckung der Emanationen gewisser radioaktiver Stoffe geworden. Unter den bekannten radioaktiven langlebigen Elementen sind Thorium, Radium und Aktinium die einzigen, die emanieren, d. h. unausgesetzt ein Gas erzeugen, das nach seinem chemischen und physikalischen Verhalten den inerten Gasen gleicht und die merkwürdige Eigenschaft besitzt, allen Körpern, mit denen es in Berührung kommt, eine sogenannte „induzierte" Aktivität zu erteilen. Nach Rutherfords Theorie sind diese Emanationen gasförmige radioaktive Elemente und zerfallen unausgesetzt in eine Reihe stufenweise auseinander hervorgehender aktiver Substanzen ebenfalls elementarer Natur, welche die mit ihnen in Berührung befindlichen Körper in unendlich dünner Schicht überkleiden. Wie Rutherford fand, läßt sich eine Verstärkung dieser Schicht erzielen, wenn man den Zerfall der Emanation in einem elektrischen Felde vor sich gehen läßt. Die Abscheidung erfolgt alsdann im lufterfüllten Raume fast ausschließlich an der Kathode. Diese Wahrnehmung stellt ein wichtiges Hilfsmittel zur Verfügung, radioaktive Emanationen nachzuweisen. Eine eindeutige Erklärung dieses Verhaltens ist noch nicht gegeben.

Erfolgreiche Experimente, auch in der freien Atmosphäre radioaktive Emanationen nachzuweisen, haben Elster und Geitel angestellt. Sie erkannten, daß auf einem Draht, der, auf mehrere tausend Volt negativ geladen, einige Stunden lang im Freien exponiert wird, nach dem Einholen ein aktiver Niederschlag bemerkbar ist, dessen Abklingungskonstante ziemlich genau mit derjenigen der Zerfallprodukte der Radiumemanation übereinstimmt. Es wurde festgestellt, daß der Emanationsgehalt der Luft mit wachsender Entfernung des Beobachtungsortes von der Küste wächst, daß er in Gebirgstälern besonders hoch ist und selbst auf Alpengipfeln von etwa 3000 Metern Seehöhe noch recht beträchtlich sein kann. Die Quelle dieser radioaktiven Emanation in der Atmosphäre fanden die beiden Forscher in einem Radiumgehalte des Erdbodens selbst. Der Radiumgehalt der verschiedenen

Gesteinsarten ist sorgfältig gemessen und bei den Urgesteinen aus den verschiedensten Ländern der Erde auf $^1/_{550}$ bis $^1/_{40}$ Milligramm pro Kubikmeter festgestellt worden. Strutt, der diese interessanten Untersuchungen bis in die neueste Zeit fortgeführt hat, hat auch das geologische Alter der Gesteine aus dem Gehalte der Mineralien an Helium berechnet, indem er die gewiß zutreffende Voraussetzung machte, daß dieses Helium in den Gesteinen durch radioaktive Prozesse erzeugt sei.

In aus vulkanischer Tiefe entquellender Kohlensäure, in dem heilkräftigen „Fango", mineralischem Schlamm aus Sprudelthermen, im Wasser von Quellen und Thermen hat man Radiumemanation entdeckt. Es ist auffallend, daß man trotz aller Sorgfalt und verbesserten Instrumente neue radioaktive Elemente bei diesen Untersuchungen nicht entdeckt hat, abgesehen von der Auffindung des Radiothors in den Sedimenten der Badener Quellen.

Eine weitere fundamentale Eigenschaft der radioaktiven Körper ist die Wärmeentwicklung. Im Jahre 1903 fanden P. Curie und Laborde, daß ein Radiumsalz stets wärmer ist als seine Umgebung, und die neuesten hierauf bezüglichen Präzisionsmessungen ergeben, daß 1 Gramm metallischen Radiums in der Stunde 118 Grammkalorien entwickelt. Die Rutherfordsche Theorie gibt dafür folgende Erklärung: Die aus dem Atomverbande mit großer Geschwindigkeit herausgeschleuderten α-Teilchen werden zum größten Teile schon in der ausstrahlenden Substanz selber aufgehalten und setzen nun ihre kinetische Energie in Wärme um. Es folgt daraus, daß jeder α-Strahlen aussendende Körper Wärme erzeugen muß, eine Folgerung, die für die α-strahlenden Produkte des Thoriums und für das Polonium kürzlich als richtig erwiesen ist. Die Wärmeproduktion der β- und γ-Strahlen ist entsprechend ihrer geringeren kinetischen (Bewegungs-)Energie weit kleiner und kommt gegen die der α-Strahlen kaum in Betracht.

Wie oben angegeben, ist die ionisierende Wirkung der α-Teilchen an eine bestimmte kritische Geschwindigkeit geknüpft. Gesetzt, es gäbe eine Umwandlung gewöhnlicher, nicht aktiver Materie und diese ginge unter Entwicklung von α-Strahlen vor sich, deren Geschwindigkeit von vornherein unter diesem kritischen Werte bleibt, so entzöge sich diese Umwandlung unserer Wahrnehmung durch die üblichen Prüfungsmethoden. Dagegen müßte sie sich durch ihre Wärmeentwicklung verraten. In dieser Richtung angestellte Versuche haben noch nicht zu einem sicheren Ergebnisse geführt.

Bei der großen Verbreitung des Radiums auf der Erde bildet dieser Radiumgehalt eine ausreichende Quelle für ihre Eigenwärme. Ja man hat berechnet, daß die Erde bei durch ihre ganze Masse gleichförmigem Radiumgehalte eine viel größere Wärmemenge erzeugen muß, als sie durch Leitung an den Weltraum verliert. Dieser Widerspruch mit den tatsächlichen Verhältnissen läßt sich nur so lösen, daß man entweder annimmt, die Eigenwärme der Erde sei in steter Zunahme begriffen oder ihr Radiumgehalt erstrecke sich nur auf eine äußere ziemlich dünne Schale.

Wäre alles in der Natur vorhandene Helium radioaktiver Herkunft, so gäbe uns das Spektrum der Sonne und zahlreicher gasförmiger Nebel Kunde davon, daß dort radioaktive Prozesse im Gange sind oder einst im Gange waren von unvergleichlich größerer Ausdehnung, als sie sich in unserer Schöpfungsperiode auf der Erde abspielen.

Von dieser übersichtlichen Zusammenfassung wenden wir uns nun noch zu einigen Einzelergebnissen der Radiumforschung. Zunächst zu den β-Strahlen des Radiums. Während man früher annahm, daß diese Strahlen nur von dem letzten Zerfallsprodukt des schnell zerfallenden Niederschlages, Radium-C, ausgingen, wurden sie später auch bei anderen Zerfallsprodukten des Radiums entdeckt und kürzlich haben O. Hahn und L. Meitner*) nachgewiesen, daß auch das eigentliche Radium eine typische β-Strahlung besitzt, die sich mittels ihres Durchdringungsvermögens von den anderen β-Strahlungen mit absoluter Sicherheit unterscheiden läßt. Auf Grund ihrer Hypothese, daß komplexen Strahlen komplexe Substanzen entsprechen, schließen die Entdecker aus dem Vorhandensein dieser β-Strahlung auf eine komplexe Natur des Radiums, d. h. darauf, daß es aus einer Anzahl verschiedener Elemente oder Einheiten besteht.

Von allen Elementen der Alkaligruppe zeigt das Kalium allein ausgesprochene Radioaktivität, während Natrium und alle seine Salze sich als völlig unaktiv erwiesen haben.**) Die Strahlen der Kaliumsalze, die sich als heterogen und von beträchtlichem Durchdringungsvermögen erwiesen, zeigten Eigentümlichkeiten, die an die allerdings etwas durchdringenden β-Strahlen des Uranium-X erinnern. Man könnte eine Verunreinigung der Kaliumsalze durch irgend einen radioaktiven Stoff vermuten; aber es war unmöglich, trotz verschiedener Prüfungsmethoden, die Aktivität dieser Salze auf die Gegenwart sehr kleiner Mengen irgend eines bekannten radioaktiven Elements oder einer ihrer Verbindungen zurückzuführen.

Um der Wissenschaft und der Heilkunst in der Erforschung und Benützung der radioaktiven Stoffe zu Hilfe zu kommen, haben zwei Engländer, Discount Iveagh und Sir Ernst Cassel, eine Bestellung auf $7^1/_2$ Gramm reinen Radiums gemacht, das eine Britische Minengesellschaft aus den Minen in Grampound Road in Cornwall liefern wird. Diese Radiummenge soll dem Britischen Radiuminstitut als Geschenk überwiesen werden, namentlich behufs Heilung von Krebskranken. Die Ausführung des Auftrages wird unter die Aufsicht Prof. Giesels, einer Autorität auf dem Gebiete der Radiumerzeugung, gestellt werden. Ein Gramm Radiumbromid wird gegenwärtig mit 340.000 Mark, ein Milligramm Joachimsthaler Radiums mit 380 Kronen berechnet.

Die Verwandlung der Elemente.

In einem Vortrage über „Elemente und Elektronen", den W. Ramsay auf der Generalver-

*) Physikal. Zeitschr., X (1909), Nr. 21.
**) Philosoph. Magaz., Vol. 16 (1908), S. 377.

sammlung der Chemical Society, London, gehalten hat, besprach er eine Anzahl Erscheinungen, welche die Annahme stützen, daß alle Elemente aus einem gemeinsamen Urstoffe bestehen und daß ihre Verschiedenheit nur auf das Mehr oder Weniger an Elektronen zurückzuführen ist, die mit diesem Uratom verbunden sind.*) Nach dieser Hypothese müßte es möglich sein, durch Zuführung oder Entziehung von Elektronen ein Element in ein anderes umzuwandeln, was zwar die Alchimisten stets für möglich gehalten, die Chemie als Wissenschaft aber bis vor kurzem für völlig unmöglich erklärte. Mit der im Jahre 1903 von Ramsay und Soddy beobachteten direkten Bildung des Elements Helium aus dem Element Radium war der Satz von der Umwandelbarkeit der Elemente umgestoßen. Die angeblich beobachtete Bildung von Lithium aus Kupfer hat sich dagegen nicht bestätigt. Ramsay ist der Ansicht, es könne bei diesen Versuchen bei der radioaktiven Bestrahlung der Kupferlösung eine Spur Lithium aus dem Glasgefäße in die Lösung gegangen sein, womit eine neue Fähigkeit des Radiums entdeckt wäre, da ohne Bestrahlung ein solcher Übergang nicht beobachtet werde.

Da die Versuche, Silber durch Radiumstrahlen in ein anderes Element überzuführen, gleichfalls ein negatives Ergebnis hatten, suchte Ramsay mit Elementen von höherem Atomgewicht, also labileren Elementen, zum Ziele zu gelangen. Er untersuchte daher das Verhalten des Thoriums genauer, zunächst mit der Absicht, wie beim Radium auch hier Helium als Zerfallsprodukt nachzuweisen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen war insofern sehr überraschend, als nicht das erwartete Helium, sondern Kohlenstoff nachgewiesen wurde, so daß dieser von Ramsay als das Zerfallsprodukt des Thoriums angesehen wird. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß gereinigtes Thoriumnitrat der Radiumbestrahlung ausgesetzt wurde, wobei sich Kohlensäure entwickelte. Auch bei Zirkonnitrat und Wismutperchlorat konnte infolge gleicher Behandlung die Bildung von Kohlensäure nachgewiesen werden, während dies bei Bleichlorat nicht der Fall war. Da die Versuche sämtlich unter gleichen Bedingungen angestellt wurden, scheint der Beweis vorzuliegen, daß die erstgenannten Elemente tatsächlich in Kohlenstoff umgewandelt wurden und dieser nicht etwa aus einer anderen unbeachteten Quelle herrührt, da er sich sonst auch beim Bleichlorat hätte nachweisen lassen müssen.

Mit diesen Ergebnissen stimmt es nicht überein, daß Prof. F. Soddy auch aus den Elementen Uran und Thor nicht Kohlenstoff, sondern wie aus Radium das Helium gewonnen hat.**) Seine schon im Jahre 1905 begonnenen dahin zielenden Versuche wurden begünstigt durch die Entdeckung, daß das neuerdings käufliche Metall Kalzium, wenn es in einem elektrischen Schmelzofen im Vakuum auf eine sehr hohe Temperatur gebracht wird, die Fähigkeit erhält, alle bekannten Gase mit Ausnahme der chemisch trägen Gase der Helium-Argon-Gruppe so vollständig zu absorbieren, daß man dadurch ein vollkommeneres Vakuum erhalten kann, als bisher auf irgend eine Weise zu erzielen war.

Soddy bediente sich auf Grund dessen folgender Untersuchungsmethode. Das auf Helium zu untersuchende Gas wird über glühendes Kalzium in einen besonderen Vakuum-Schmelzofen geleitet. Ist der Ofen erkaltet, so wird Quecksilber hinzugefügt, welches das vom Kalzium nicht absorbierte Gas in eine ganz winzige Spektralröhre drückt. Zum Nachweise des Heliums sind schon ganz minimale Mengen nach dieser Methode ausreichend, bis zu dem millionsten Teil eines Kubikzentimeters, d. h. einem Fünftausendmillionstel Gramm Helium. Es läßt sich nun berechnen, wieviel Helium aus einer gegebenen Menge Uran in einer gewissen Zeit erzeugt wird. Nach unserem jetzigen Wissen entstehen 2 Milligramm Helium aus 1 Million Kilogramm Uran in einem Jahre, vorausgesetzt, daß aus jedem sich zersetzenden Atom Uran ein Atom Helium hervorgeht. Wenn man also ein Kilogramm Uran benützt, kann man mittels der Kalziummethode das etwa entstandene Helium nach Verlauf von ungefähr $^1/_{10}$ Jahr nachweisen. Soddy fand es zuerst zweckmäßig, mit nicht mehr als $^1/_3$ Kilogramm Uran und Thor zu arbeiten. Begreiflicherweise erfordern diese Versuche die absolute Abwesenheit atmosphärischer Luft, denn das in wenigen Kubikmillimetern Luft enthaltene Argon, das wie Helium vom Kalzium nicht absorbiert wird, genügt, um die Beobachtung der minimalen Mengen des gebildeten Heliums völlig unmöglich zu machen. Um eine große Menge Uransalz von jeder Spur Luft zu befreien, bedarf es eines sehr vollkommenen und komplizierten Apparats, dessen Bau dem Forscher erst nach langen Erfahrungen möglich war.

Schon mit einfacheren Versuchsanordnungen gelang es, die Entstehung von Helium mit Sicherheit nachzuweisen, und zwar nach einem Zeitraume von 7 Monaten bei Thor und nach 4 Monaten bei Uran. Nach diesen mit kleineren Quantitäten gewonnenen Resultaten wurden größere Flaschen, jede mit etwa 2 Kilogramm Uran- und Thornitrat, erfolgreich verwendet. Die Experimente mit Uran sind bisher am weitesten vorgeschritten. Die erste Prüfung geschah nach 61, die zweite nach 27, die dritte nach 12 Tagen. Die erste zeigte, daß sich mehr als minimale nachweisbare Mengen Helium gebildet hatten, die zweite ergab ungefähr das Minimum, während in den 12 Tagen nicht genug Helium gebildet war, um es nachweisen zu können. Diese Resultate lassen also nicht nur mit Gewißheit die Entstehung von Helium aus Uran erkennen, sondern zeigen auch, daß die Menge, die entsteht, fast genau mit der von der Theorie vorhergesagten übereinstimmt, da sie etwa 2 Milligramm per eine Million Kilogramm im Jahre beträgt. Ein mit Thor vorgenommenes Probeexperiment ergab nach drei Monaten die Anwesenheit eines Vielfachen der minimalen Heliumquantität.

Obwohl also bei den beiden Elementen Uran und Thor die Veränderung so langsam vor sich geht, daß in einer Million Jahre sich nur etwa ein Zehntausendstel der ganzen Masse umwandelt, ist es doch möglich geworden, diese Veränderungen experimentell nachzuweisen und die von ihnen im

*) Die Umschau, XIII (1909), Nr. 35.
**) Die Umschau, XIII (1909), Nr. 18.

Laufe weniger Wochen erzeugte Menge Helium zu isolieren und zu messen.

Die Möglichkeit der Verwandlung der Elemente, dieses Sehnsuchtstraumes der alten Alchemisten, hat kürzlich durch eine Untersuchung der Chemiker Ramsay und Fr. L. Usher eine neue Bestätigung erfahren.*) Da nicht nur Radium selbst sich in Helium verwandelt, sondern die vom Radium ausgesandte Emanation die Umwandlung anderer Stoffe einzuleiten vermag, so stellten sie Versuche mit den Gasen an, die sich aus einer metallisches Radiumbromid enthaltenen Lösung entwickelten. Nachdem diese geringe Mengen von Radiumemanation enthaltenden Gase in Glaskölbchen geleitet waren, die zunächst leergepumpt und dann mit verschiedenen Lösungen gefüllt waren, wurde der Inhalt vier Wochen lang sich selbst überlassen, bis die Energie der Emanation völlig erschöpft war. Nun wurden die vorher völlig kohlenstoffreien Lösungen untersucht, und es stellte sich heraus, daß sie geringe Mengen Kohlenstoff in Form von Kohlensäure und Kohlenoxyd enthielten, die nur aus den der Emanationswirkung unterworfenen Verbindungen stammen konnten. Daraus ziehen die Chemiker den Schluß, daß die in jenen Verbindungen enthaltenen Elemente der Kohlenstoffreihe (Silizium, Titan, Zirkonium, Thorium, Blei) ohne Ausnahme unter Einwirkung der Radiumemanation Kohlenstoffverbindungen liefern, d. h. also sich teilweise in Kohlenstoff verwandeln. Am geringsten ist diese Tendenz der Verwandlung beim Blei.

Zu den spaltbaren Elementen, von denen im vorigen Jahrgange (Jahrb. VII, S. 77) berichtet wurde, hat sich nach einem vorläufigen Bericht des Chemikers Dr. Auer von Welsbach auch das Thulium gesellt, das schon im Jahre 1879 entdeckt wurde, bisher aber allen Bemühungen, es selbst oder seine Salze in halbwegs reinem Zustand darzustellen, hartnäckigen Widerstand leistete. Auch die von Auer von Welsbach ausgeführten Versuche führten erst nach langwierigen und überaus mühsamen Trennungsarbeiten dazu, die chemische Natur des Tu festzustellen. Dabei ergab sich, daß Thulium kein homogener Körper ist, sondern der Hauptsache nach aus zwei Elementen besteht; auch ein drittes, dem Erbium sich anschließendes Element ist in geringer Menge vorhanden.

Das erste, dem Aldebaranium sich anreihende Element bildet ein weißes Sesquioxyd, von dem sich völlig farblose, keinerlei Absorptionsspektrum besitzende Salze ableiten. Charakterisiert ist dieses Element durch sein glänzendes Funkenspektrum, dessen intensivste Linien sich fast stets in dem Spektrum der Aldebaraniumsalze finden. Auch das zweite Tu-Element bildet ein fast farbloses Sesquioxyd, doch scheinen seine Salze nicht farblos zu sein. Sie alle zeigen das bisher dem Thulium zugeschriebene charakteristische Absorptionsspektrum. Dieses Element ist durch seine hohe Schwerflüchtigkeit gekennzeichnet. Das bei sehr starkem Funken höchst glänzende Funkenspektrum kann deshalb bei schwachem Funken, namentlich aber bei Gegenwart anderer leichter Körper, z. B. des Aldebaraniums, leicht übersehen werden.

Merkwürdigerweise treten in den Spektren der Tu-Elemente mit fast unveränderter Stärke die wenigen, aber starken Linien wieder auf, die sich auch in den Spektren von Cassiopeium und Aldebaranium als gemeinsam erkennen ließen. Weitere Forschungen über diese seltenen Elemente bringen hoffentlich nähere Aufschlüsse.

*) Berichte der Deutschen Chem. Gesellsch. 42. Jahrg. (1909) S. 2930.

Das Leben und seine Entwicklung.

(Entwicklungslehre, allgemeine Biologie, Paläontologie.)

Unsere Ahnenreihe. * Das Rätsel des Lebens. * Erloschene Geschlechter.

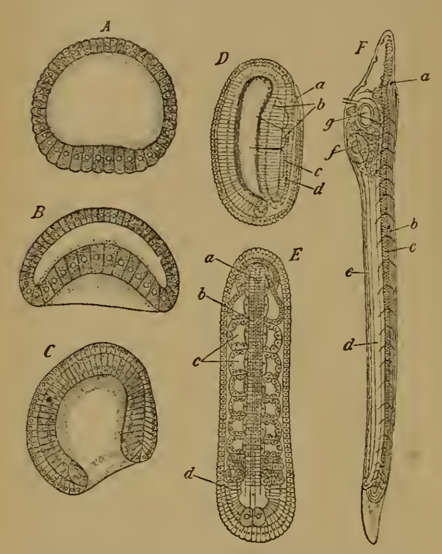
Unsere Ahnenreihe.

Einer der frühesten und unermüdlichsten Vorkämpfer des Darwinismus und der Entwicklungslehre, Prof. Ernst Haeckel, hat gelegentlich der 350jährigen Jubelfeier der Universität Jena in einer Festschrift*) seine Forschungen und Ideen über die Ahnenreihe des Menschen endgültig dargelegt. Auch wer Haeckel in vielen Punkten ablehnend gegenübersteht, wird die Arbeit mit Interesse und Nutzen verfolgen. War ihr Verfasser doch einer der ersten, die in Deutschland die neue Lehre nicht nur durch Popularisierungsversuche zu verbreiten, sondern auch durch eigene Forschungen zu bestätigen und zu stützen suchten. Schon vor 44 Jahren stellte Haeckel in der „Generellen Morphologie" einen Stammbaum des Tierreiches auf und versuchte, die Keimesgeschichte des Einzelwesens aus der Stammesgeschichte seiner Ahnen heraus zu erklären. Das von ihm zu dem Zwecke aufgestellte „biogenetische Grundgesetz", das besagt, daß die Entwicklung des Individuums, die Ontogenesis, die abgekürzte Wiederholung seiner Stammesgeschichte, der Phylogenesis, sei, hat später zahlreiche Bestätigungen, aber auch manche Berichtigung erfahren. In seiner Monographie über die Kalkschwämme leitet er alle mehr- oder vielzelligen Tiere (Metazoen, im Gegensatze zu den einzelligen Protozoen) von einem einfachen, aus zwei Zellschichten bestehenden becherförmigen Urdarmtier, der

*) Unsere Ahnenreihe (Progonotaxis Hominis). Kritische Studien über phyletische Anthropologie. Jena, G. Fischer, 1908.

Gasträa, ab. Ein wie sicherer Blick ihn dabei leitete, ersehen wir aus der Tatsache, daß 23 Jahre später Monticelli in Neapel das Urbild der von Haeckel vorausgesetzten Gasträa auffand und Pemmatodiscus gastrulaceus nannte.

Die Abstammung des Menschen vom Affen, von Haeckel schon frühzeitig behauptet, schien durch die Auffindung des Pithecanthropus erectus, des „aufrechtgehenden Affenmenschen" von Java (1891), eine unbestreitbare Stütze erhalten zu haben. Dennoch hat sich bisher nicht mit Sicherheit feststellen



Die Entwicklung des Amphioxus. *A* Blastula. *B* Beginn der Einstülpung des Entoderms. *C* Gastrula. *D* späteres Gastrulastadium mit zwei Ursegmenten *b*, *c* Nervenrohr, *a* Öffnung desselben nach außen. *E* Noch späteres Stadium mit neun Ursegmenten, vom Rücken gesehen, *b* Chorda, *a* Öffnung des Nervenrohrs, *c* zwei Ursegmente, *F* Larve mit Mund *g* und erste Kiemenspalte *f*, *d* Darm.

lassen, ob dieser menschenähnlichste der Menschenaffen ein direkter Vorfahr des Menschen selbst war; ob nicht der Mensch zu der Zeit, als der Pithecanthropus in Java wandelte, schon viel zu weit in seine heutige Form hineingebildet war, um von ihm abstammen zu können. Haeckel jedenfalls zählt ihn zu unseren Ahnen.

Nach ihm ist unsere Vorfahrenreihe in zwei große Abschnitte zu zerlegen: die fossil nicht nachweisbaren und die paläontologisch wenigstens teilweise belegten Ahnen. Jeder Abschnitt umfaßt drei „Strecken". Die erste derselben ist die Strecke der Protisten-Ahnen. Da noch heute jedes tierische beziehungsweise menschliche Individuum von einer Stammzelle, der Cytula, aus seinen Ursprung nimmt, so muß nach dem biogenetischen Grundgesetze die Ahnenreihe jeder Tierform mit einer Urstammzelle, der Cytaea, beginnen. Unter den Protisten sind die Plasmodomen, die Protophyten, die älteren; aus ihnen gingen später durch Umkehr des Stoffwechsels die Protozoen hervor. Man unterscheidet bei den Protisten kernlose Urzellen (Archicyten) und Kernzellen. Zu den ersteren werden die Moneren gerechnet und eine Unterabteilung von ihnen, die Chromaceen, sieht Haeckel als die Urorganismen an, die den Übergang von der unorganischen zur organischen Welt bilden. Das Protoplasmakügelchen der einfachsten dieser Lebewesen wird durch eine Gallerthülle geschützt. Denken wir uns auch dieses Schutzorgan noch fort, so steht der denkbar einfachste Organismus vor uns, der „Probiont" des laurentischen Zeitalters. Ihn müssen wir uns durch Urzeugung entstanden denken — wenn wir können. Einzellige Algen mit Zellkernen bilden die nächste Ahnenstufe, aus denen durch Stoffwechselumkehr die Amöben, die älteste Stammform der Protozoen, hervorgehen. Die einfache Organisation der Amöben und die Tatsache, daß amöbenartige Zellen im Tierreiche vielfach vorkommen (z. B. die Leukozyten des menschlichen Blutes), sprechen für ihre Ahnenschaft. Ihnen, die noch keine festumgrenzten Gebilde darstellen, folgen die Flagellaten, bestimmt geformte, mittels einer oder einiger Geißeln schwimmende Formen. Die folgende Stufe unserer Vorfahren bilden die Blastäaden, die Übergangsgruppe zu den Metazoen, aus einer Schicht gleichartiger Zellen gebildete Hohlkugeln, die in der Ontogonie der Vielzelligen der wichtigen Blastula entsprechen. Auf der Blastulastufe stehen noch heute einige Organismen, wie die Grünalgen Pandorina und Volvox und die Katalakten.

Die zweite Strecke der Stammesgeschichte umfaßt die Ahnen der Wirbellosen, die Metazoa invertebrata. Sie scheiden sich in zwei große Gruppen, die Niedertiere (Cölenteria) mit fehlender und die Obertiere (Cölomaria) mit vorhandener Leibeshöhle. Die gemeinsame Ausgangsform der Niedertiere, die Gasträa, erhält sich als Abbild infolge strenger Vererbung noch jetzt bei allen Metazoen in Form der Gastrula. Aus den beiden Keimblättern der Gasträa entwickelten sich alle Gewebe. Von den Niedertieren gelangen wir zu den höherstehenden Obertieren, die schon im Besitze einer Leibeshöhle sind. Hand in Hand mit deren Erwerb entsteht eine zweite Darmöffnung und das einfachste Blutgefäßsystem. Sie leiten hinüber zu den Vermalien Haeckels, einer Urwürmergruppe; von ihnen zu den Prochordoniern ist der Stammesweg völlig dunkel. An das Ende dieses Weges stellt Haeckel die längst ausgestorbene Chordäa, die als Stammform ebenso wichtig ist wie die Gasträa. Sie soll in der präsilurischen Zeit gelebt haben.

Die Monorrhinen-Ahnen bilden die dritte Stammesstrecke. Hier bekommen wir schon ein wenig festeren Boden unter die Füße. Zu den Monorrhinen gehören die Acranier (Schädellosen), von denen uns der Amphioxus, der einzige lebende Rest einer großen Gruppe aus dem Präsilur, noch heute ein Bild gibt. Da dieses niedrigst stehende lebende Wirbeltier trotz seines einfachen Baues eine Reihe erst später erworbener Merkmale zeigt, so hat es wahrscheinlich nicht als direkter Vorfahr des Menschen zu gelten, sondern seine präsilurischen Stammformen, die hypothetischen Urwirbeltiere (Prospondylia). Auf diese Ahnen folgt wieder ein dunkles Wegstück, bis wir zu den Cyclostomen, den ersten Schädeltieren, gelangen. Die beiden sehr von=

einander abweichenden Ordnungen derselben, die Myxinoiden und Petromyzonten, sind höchstwahrscheinlich sich voneinander entfernende Abkömmlinge einer älteren Stammgruppe, der Urschädeltiere (Archicrania). Sie sind in unserer Ahnenreihe sicher vertreten gewesen.

Mit den Archicraniern betreten wir den zweiten Hauptabschnitt unserer Stammesreihe, ein Gebiet, in dem die Paläontologie das Dunkel der Ahnenreihe allmählich erhellt. Die vierte Wegstrecke umfaßt die Anamnion-Ahnen, solche Tierformen, denen im Embryozustand ein Amnion*) fehlt. Sie beginnen mit den Fischen, von denen für unsere Vorfahrenreihe nur die Selachier und Ganoiden in Betracht kommen. Von den Proganoiden (Vorfahren der Schmelzschupper) führt die Entwicklung zu den in Afrika heimischen Crossopterygiern und weiter zu den Lurchfischen, die neben den Kiemen bereits Lungen besitzen, die ihnen auch den Aufenthalt außerhalb des Wassers gestatten. Die ältesten Lurchfische, die Palädipneusten des Devon und Karbon, entwickelten sich zu den Progonamphibien, der Ausgangsform aller Vierfüßer.

Es folgen nun die Amphibien-Ahnen, über die uns Zeugnisse der Paläontologie, der vergleichenden Anatomie und der Ontogenie zu Gebote stehen. Erstere macht uns mit den uralten, sehr primitiven Stegozephalen bekannt, letztere zeigt uns, wie sich der Übergang vom Wasser- zum Landleben gestaltet hat, und die vergleichende Anatomie lehrt, daß die Amphibien zwischen den älteren Fischen und den Amnioten die Mitte halten. Die alten, noch mit fünfzehigem Kriechbein versehenen Stegozephalen waren mit einem festen Panzer bekleidet. Von ihnen kommen wir zu den Vorreptilien, den Ausgangsformen der Amnioten, die sich durch den Besitz von Amnion und Allantois auszeichnen. Die Amniontiere umfassen die Sauropsiden, d. h. die Reptilien und Vögel, sowie die Säugetiere. Zwischen den Reptilien-Ahnen und den Säugern sind gar keine fossilen Reste erhalten, so daß hier nur eine hypothetische Übergangsgruppe, ein Name, die Sauromammalien, zur Verfügung steht. Aus ihr müssen sich parallel die riesigen Theromorphen und die Säugetiere entwickelt haben.

Die Säugetiere, die letzte Gruppe, müssen als morphologisch wie phyletisch einheitliche Gruppe insgesamt eine einzige Stammform haben, ein unbekanntes Promammale. Von ihm führt der Weg zu den Monotremen (Kloakentieren, lebend nur noch Schnabeltier und Ameisenigel). Der weitere Weg ist gleichfalls nicht ganz sicher, bis wir die höchstentwickelte Unterklasse der Säuger, die Placentalia oder Zottentiere, erreichen. Ihre gemeinsame Wurzelform bilden die Urzottentiere, ihre Hauptentwicklungsperiode war die Tertiärzeit.

Schon zur Kreidezeit entwickelten sich aus den Urzottentieren wahrscheinlich die Lemuraviden, die älteren Halbaffen; ihnen folgen die jüngeren Halbaffen, unter denen Tarsius spectrum (das Gespenstertier, s. Jahrg. V, S. 127) sehr primitive Merkmale zeigt. An diese Prosimien schließen sich die pithekoiden Ahnen an. Unter den Ostaffen oder Katarrhinen gestaltet sich dann die Vorfahrenfolge nach Haeckel so: 1. ältere Hundsaffen, 2. jüngere Hundsaffen, 3. ältere Menschenaffen, 4. jüngere Menschenaffen, 5. Affenmenschen (Pithecanthropus erectus), 6. Urmenschen (Homo primigenius), 7. Vernunftmenschen (Homo sapiens).

Daß diese Ahnentafeln großenteils noch in der Luft schweben, unendlich viele und kühne Hypothesen enthalten, in manchen Punkten schon jetzt als unhaltbar bezeichnet werden müssen, wird keiner verkennen, der die mühsamen Bestrebungen der letzten Jahrzehnte um die Aufhellung auch nur der diluvialen und tertiären Vorgeschichte des Menschen verfolgt hat. Das braucht dem Werke Haeckels als einer großzügigen und unendlich anregenden Arbeitshypothese nicht seinen Wert zu nehmen. Daß man die Sache auch von einem ganz anderen, wenn auch ebenso hypothetischen Standpunkte betrachten kann, zeigen uns die Arbeiten Dr. Emil Königs, der uns zu den schon früher mehr oder minder ausführlich besprochenen Arbeiten eine neue Darstellung seiner Ideen*) beschert hat. Seine Auffassung des Lebens als einer besonderen Kraftform auf der Erde, die nur an ganz bestimmte Körper gebunden ist und unablässig gleichsam von Hülle zu Hülle schlüpft; seine Hypothese von der Ursprünglichkeit der Landtiere und der Notwendigkeit, aus ihnen erst die Wassertiere abzuleiten, u. a. zeigen den kühnen Denker, der sich nicht scheut, seine Gedankenwelt konsequent auszubauen, wenn auch den Tatsachen dabei nicht immer ihr Recht werden sollte. Eine ganz schlichte und allgemeinverständliche Darstellung dessen, was wir über das „Geheimnis des Lebens" wirklich wissen, bietet unter diesem Titel kurz und knapp K. Salbert; auf sie sei besonders die wißbegierige Jugend verwiesen.**)

Einen sehr anfechtbaren Punkt der Haeckelschen Abstammungsreihe bildet die von ihm aufgestellte unmittelbare Vorfahrenschaft des Menschen der Gegenwart. Auch die glücklichen Funde der letzten beiden Jahre, der sehr primitive Unterkiefer eines vielleicht noch tertiären Menschen aus der Umgegend von Heidelberg (s. den letzten Abschnitt dieses Jahrbuches) und die Reste von Neandertalmenschen aus dem südlichen Frankreich (s. Jahrb. VII, S. 216), sie haben uns kaum weiter geholfen, die wirklichen Ahnen der Menschheit kennen zu lernen. Wie ein vorsichtiger Anthropologe und Paläontologe über die Bedeutung dieser Funde für unsere Frage denkt, erfahren wir aus den nachfolgenden Ausführungen.

In einem Vortrage über die neuesten Ergebnisse der Paläontologie des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem betont Prof. H. Klaatsch***),

*) Amnion ist die innere, nur den Embryo umkleidende Haut, während die seröse Hülle das ganze Ei samt dem Embryo umgibt. Letztere, die Allantois, dient bei Reptilien und Vögeln als embryonales Atmungsorgan der Sauerstoffzufuhr.

*) Die Lösung des Lebensrätsels. Stuttgart 1909. S. auch Jahrb. VII, S. 111 — 119.

**) Deutsche Jugend- und Volksbibliothek, Bd. 219, Stuttgart 1908.

***) Zeitschr. für Ethnologie, 41. Jahrg. (1909), Heft 3 und 4.

daß es bei dem Heidelberger Funde völlig gleichgültig sei, ob man diesen auch dem Laien in seiner ganzen Erscheinungsform als höchst fremdartig imponierenden Unterkiefer als „noch tertiär" oder „schon diluvial" beurteilt. Die Unbestimmtheit der künstlichen Grenze von Tertiär und Diluvium ergibt sich ja durch die Überlegung, daß dieses menschliche Wesen von Mauer mit seiner umgebenden Tierwelt doch jedenfalls schon im Tertiär seine Vorfahrenverwandten in Mitteldeutschland gehabt haben muß. Gingen wir selbst zum Miozän (mittleren Tertiär) zurück, so könnte der Unterkiefer der betreffenden Menschenwesen nicht viel anders ausgesehen haben als dieser Heidelberger Kiefer, der in sich eine derartige Fülle primitiver Merkmale vereint, daß er dem Begriffe einer menschlichen Urform näherkommt als irgend ein bisher bekannt gewordener Skeletteil.

Die Vergleichung des Kiefers von Mauer mit dem Unterkiefer der Menschenaffen zeigt, daß die relativ größte Annäherung zwischen dem Heidelberger Fossil und den Hylobatiden (Gibbonartigen) besteht; es zeigt gibbonmäßige Charaktere in der relativen Breite und Niedrigkeit des massigen Kieferastes. Von einer solchen Ausgangsform lassen sich die Zustände von Gorilla, Orang, Schimpanse ableiten als Differenzierungen nach verschiedenen Richtungen, aber nicht umgekehrt. Hieraus ergibt sich, daß sowohl die Hylobatiden als auch die primitiven Hominiden sich dem für alle höheren Primaten (d. h. Mensch und Menschenaffen) gemeinsamen Ausgangszustand näher anschließen als die großen Menschenaffen. Die Vergrößerung des Eckzahnes, die sich in den zu Gorilla und zu Orang führenden Bahnen wahrscheinlich bei beiden voneinander unabhängig vollzog, hat den Unterkieferknochen umgestaltet und, infolge der Vergrößerung der Kiefermuskulatur, auch den Ramus (die beiderseits senkrecht aufsteigenden Kieferäste).

Diese Abweichungen finden sich bereits bei den tertiären Menschenaffen, so auch beim Dryopithekus, weshalb auch der Heidelberger Kiefer nicht von diesem ausgestorbenen Menschenaffen abgeleitet werden kann. Auch die niederen Affen sind gänzlich aus der Vorfahrenreihe des Menschen auszuschließen. Nur die ihnen und dem Menschen gemeinsame Wurzel bedingt die Übereinstimmungen in der Organisation von Mensch und niederen Affen.

Die Bedeutung der beiden neuen französischen Funde beruht nach Prof. H. Klaatsch darin, daß sie uns zeigen, daß wir mit einer sehr langen Zeitdauer der Existenz neandertalartiger Menschen in Mittel- und Südeuropa zu rechnen haben. Anscheinend gehören die Neandertalfunde von Moustier und Krapina einer älteren, von Spy und Corrèze einer jüngeren Schicht an. Leider fehlt für das Skelett aus dem Neandertal selbst sowie für den Schädel von Gibraltar jeglicher geologische Anhaltspunkt für die Altersbestimmung, so daß sie sich hier nicht einordnen lassen. Da nun der älteste bekannte Fossilfund immer noch beträchtlich jünger sein wird als das erste Auftreten des betreffenden Wesens in jener Gegend, so ergibt sich, daß schon zu Beginn der Eiszeit Neandertalmenschen in Europa vorhanden waren. Sehen wir nun gar, daß die ältesten bekannten Funde (Südfrankreich-Moustier und Kroatien-Krapina) geographisch weit auseinanderliegen, so erscheint es berechtigt anzunehmen, daß dieser Ureuropäer sich von einem Zentrum aus durch Wanderungen von geraumer Zeitdauer ausgebreitet haben. Über die Lage dieses Zentrums und die Wege der Ausbreitung läßt sich gegenwärtig noch nichts Sicheres sagen.

Die außerordentlich weite Verbreitung der Neandertalmenschen zur Eiszeit ist ein Punkt höchster Bedeutung für dieses Problem. Wir kennen jetzt das Vorkommen dieses Typus aus Südspanien, Frankreich, Belgien, Deutschland und Österreich. Zu den Skelettfunden gesellen sich Kulturfunde, die vermuten lassen, daß die Bekämpfer der Höhlenbären Neandertalmenschen waren. Für Mähren ist das Vorkommen dieses Typus durch Unterkieferfunde sichergestellt. Füllen wir die Lücken zwischen den bisherigen Fundstellen aus, so ergibt sich ein enormes Gebiet, das dereinst von Neandertalmenschen beherrscht war und neue Funde dieser Art liefern kann.

Wir haben es also bei der Neandertalrasse mit einem gewaltigen Zweige der Menschheit zu tun. Diese Rasse, deren Reste trotz mancher Variationen eine auffällige Beständigkeit hinsichtlich der Gestalt der Skeletteile aufweisen, muß ihrer Umgebung und ihrer Aufgabe, den Kampf ums Dasein unter schwierigen Existenzbedingungen durchzuführen, ausgezeichnet angepaßt gewesen sein. Die neuesten Funde in Südfrankreich werden die Hochschätzung auch ihrer psychischen Anlagen vermehren, da die primitive Bestattung einen Hinweis darauf enthält, daß diese Menschen auch schon Anfänge der Religion besaßen.

Man kann sich schwer vorstellen, daß eine derartige gewaltige Menschheit einfach zu Grunde gegangen sei, ohne wenigstens Spuren von sich durch Beimischung des Blutes zu anderen Rassen hinterlassen zu haben. Daß sie mit solchen zusammengetroffen ist, kann wohl kaum bezweifelt werden. Wir haben alle Ursache anzunehmen, daß die Menschen vom Neandertaltypus gleichzeitig existiert haben mit den ganz anderen Menschenformen, die durch die Schädel von Engis, Galley-Hill, Brünn u. a. vertreten werden. Auch die gleichzeitige Existenz mit den Cro-Magnon-Menschen kann möglich gewesen sein. Man muß daher auch mit der Annahme rechnen, daß zwischen den Neandertalmenschen und anderen Rassevertretern Kämpfe stattgefunden haben und daß vielleicht die Neandertalrasse ausgerottet worden ist. Wie lange sich Vertreter derselben erhalten haben, läßt sich nicht entscheiden; daß sie örtlich bis in jüngere Perioden fortbestanden haben, ist immer möglich.

Ob noch jetzt unter der Bevölkerung Europas oder anderer Erdteile sich Rassencharaktere des Neandertaltypus bemerklich machen, wird sich erst dann untersuchen lassen, wenn uns die ganze Erscheinungsform und die äußeren Merkmale des alten Typus genauer bekannt sein werden. Vorläufig wissen wir über die äußere Erscheinung desselben — abgesehen von den Körperproportionen — nichts; denn alle jene bildlichen Darstellungen,

die namentlich in der französischen Presse von dem Aussehen des Neandertalmenschen gegeben worden sind, müssen als Auswüchse der Phantasie — wüster Phantasie, sagt Klaatsch — verurteilt werden.

Hinter das Rätsel des Lebens, von dem oben die Rede war, läßt uns die Natur von Zeit zu Zeit einige Blicke tun, die uns in ihrer Vereinzelung allerdings nicht viel weiter bringen, aber als Etappen auf einem vielleicht noch sehr langen und schwierigen Wege doch registriert zu werden verdienen. Ihnen gilt der folgende Abschnitt.

Das Rätsel des Lebens.

Bekanntlich bedürfen fast alle Pflanzensamen nach der Reife einer kürzeren oder längeren Ruhepause, der sogenannten Samenruhe, bevor sie zu keimen fähig sind. Die Ruhe kann, wie hier schon früher berichtet ist (s. Jahrb. VII, S. 106), künstlich so lange ausgedehnt werden, daß die Samen gewisser Pflanzen unter günstigen Bedingungen noch nach zwei bis drei Menschenaltern wieder zum Leben erwachen. Manche dieser Versuche sind unter starker Abkühlung und Austrocknung der Samen sowie unter Ausschluß der Möglichkeit zu atmen so weit getrieben worden, daß es scheinen mußte, als ob die Versuchsbedingungen das Leben der Keime nicht nur verlangsamt, sondern zeitweise völlig aufgehoben hätten. Dennoch keimten auch solche Samen.

Um die Gewißheit zu erlangen, daß das Leben gewisser Samen eine zeitweilige Aufhebung ertrage, prüfte Paul Becquerel*) die vereinigte Wirkung völliger Austrocknung, völligen Luftabschlusses und stärkster Kälte an den Samen der Luzerne, des weißen Senfs und des Weizens. Um die Samen diesen Agentien möglichst zugängig zu machen, wurde die Samenhaut durchbohrt. Dann wurden sie sechs Monate lang im luftleeren Raume in Gegenwart von (Feuchtigkeit auffaugendem) Ätzbaryt unter 40° Wärme ausgetrocknet, bis kein Gewichtsverlust durch Wasserabgabe mehr eintrat. Hierauf wurden die Samen, in luftleer gemachte Glasröhrchen eingeschmolzen, zuerst drei Wochen hindurch der Temperatur der flüssigen Luft und dann noch 77 Stunden der Kälte des flüssigen Wasserstoffes (—253°) ausgesetzt. Als man sie dann bei 28° zum Keimen auslegte, gingen nach einigen Tagen von Senf und Luzerne alle Samen auf, während von fünf Weizenkörnern vier keimten. Zwischen dieser Keimung und derjenigen normaler Kontrollsamen war kein Unterschied zu bemerken.

Man kann, man muß sogar unter diesen Umständen von einer Wiederbelebung toter Samen sprechen; denn ein noch so verlangsamtes Leben erscheint unter den genannten Bedingungen ausgeschlossen. Ohne Wasser, ohne Sauerstoff, bei einem unweit Null befindlichen Atmosphärendrucke und bei einer vom absoluten Nullpunkte nicht weit entfernten Temperatur wird das Protoplasma so starr, hart und untätig wie ein Stein. Sein für die physikalisch-chemischen Vorgänge der Assimilation und Desassimilation notwendiger kolloidaler Zustand ist aufgehoben, die Kontinuität der Lebenserscheinungen völlig unterbrochen.

*) Comptes rendus, Bd. 148 (1909), S. 1052.

Die Bedeutung dieses Nachweises für die Biologie ist kaum abzusehen. Die Tatsache erlaubt auch den Schluß, daß sich trotz der Kälte und Luftdünne des Weltraumes Lebenskeime von Gestirn zu Gestirn verbreitet haben können.

Das Verständnis der Konstitution des lebendigen Eiweißes enthält die Lösung der Rätsel der Welt, sagt der große Physiologe Eduard Pflüger in einer kurzen Mitteilung über das Wesen der Eiweißstoffe, dieser absoluten Lebensträger.*) Um die Untersuchung des Eiweißmoleküls dreht sich deshalb auch die Arbeit der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete der organischen Chemie. E. Fischer hat nachgewiesen, daß aus dem Eiweißmolekül durch hydrolytische Spaltung eine große Zahl von Bestandteilen erhalten werden kann, die sämtlich zu den Monamino- oder Diaminosäuren gehören respektive nahe Abkömmlinge solcher sind. Man hat die Eiweißkörper, wie das neuerdings Abderhalden durchgeführt hat, nach ihrem Prozentgehalt an Diaminosäuren in Gruppen geteilt, also diesen Gehalt als wesentliche Eigenschaft angesehen. Dagegen wendet sich Pflüger, indem er darauf hinweist, daß das Molekül der Eiweißkörper im engeren Sinne noch nicht einmal bis zu 50 Prozent aufgeklärt ist, also eine große Zahl ganz unbekannter Atomgruppen enthält. Wie kann man also Moleküle, die viele unbekannte und veränderliche Bestandteile enthalten, nach ihrer chemischen Konstitution unter ein bestimmtes Schema bringen?

Pflüger behauptet, daß heutigentags noch keine chemische Definition von Eiweiß möglich ist. Es gebe nur eine mögliche Begriffsbestimmung, das sei die physiologische, und die sei sehr scharf: Eiweiß ist der einzige Stoff in der Welt, der alle tierischen Zellen — bei Gegenwart von Wasser und den nötigen Mineralbestandteilen — zu ernähren vermag. Wir können, behauptet Pflüger, einem Tiere noch so große Mengen von Fett oder Kohlehydraten als Nahrung reichen, das Tier geht zu Grunde. Aber Eiweiß allein ohne Fett und Kohlehydrate ernährt jede tierische Zelle, befähigt sie zur Erfüllung jeder ihrer Funktionen. Es handelt sich hier um Eiweiß mit wenig Diamino- und viel Monaminosäuren.

Erwägt man, daß das Eiweiß allein jede Leistung der Zelle ermöglicht, also auch bei der psychischen Arbeit beteiligt ist, so sind wir verpflichtet, scharf zu untersuchen, welches die wahre Konstitution dieses absoluten Nahrungsmittels ist. Die Wissenschaft steht jedoch erst am Anfang dieser überaus schwierigen Untersuchung, bei der vor allem zu berücksichtigen ist, daß das in der Nahrung eingeführte Eiweiß von dem das lebende Gewebe bildenden Eiweiß ungemein verschieden ist, von dem einen also nicht auf das andere geschlossen werden kann.

Eine merkwürdige und noch nicht lange bekannte Erscheinung, diejenige der umkehr-

*) Archiv für die ges. Physiol., Bd. 129 (1909), Heft 1 und 2.

baren Entwicklungsprozesse, behandelt E. Schultz*). Von den schon viel länger bekannten Degenerations- oder Entartungserscheinungen, bei denen die Gewebe in abnormer, oft zu völliger Zerstörung führender Weise ihre typische Ausbildung oder Entfaltung zu verschieden gestalteten und arbeitenden Zellarten verlieren, unterscheidet er Vorgänge, die den Organismus mittels Rückbildung oder Dedifferenzierung der Zellen auf eine mehr oder weniger embryonale Daseinsstufe zurückführen. So können z. B. Planarien, die auch durch ihre Regenerationsfähigkeit ausgezeichneten, zu den Würmern gehörenden Bewohner kalter Gebirgsbäche (s. Jahrb. III, S. 167), durch Hunger zur Rückbildung der Geschlechtsorgane gezwungen werden, wobei diese Organe alle Stufen ihrer Entwicklung in umgekehrter Reihenfolge, sozusagen rückwärts, durchlaufen. Bei Kalkschwämmen sondert infolge Entziehung aller Kalksalze der protoplasmatische Teil des Körpers sich vom Skelett ab und zerfällt in kompakte Stränge, die Gemmulae**) gleichen: also ebenfalls eine Verjüngungserscheinung. Bei der Transplantation oder Überpflanzung verschiedener Gewebe auf den Körper eines anderen Tieres hat man beobachtet, daß die Zellen solcher Gewebe sich dedifferenzieren, embryonal werden. Auch den meisten Fällen von Regeneration geht eine Rückdifferenzierung von Zellen voraus. Die bekanntesten Beobachtungen dieser Art sind bei der Regeneration der Augenlinse des Triton (Molches) gemacht worden (s. Jahrb. III, S. 168). Nach Entfernung der Augenlinse des Tierchens verlieren die Zellen des Irisepithels (der Regenbogenhaut) ihr Pigment, ihre Kerne vergrößern sich, die Zelle wird also in einen früheren Zustand ihrer Entwicklungsgeschichte versetzt, einen Zustand, von dem aus eben wieder ihre Umbildung zu Linsenzellen erfolgen kann. Einen sehr merkwürdigen Fall dieser Art hat Child für den Zestoden Moniezia beschrieben. Bei ihm sollen schon differenzierte und funktionierende Muskelzellen sich in ihre Muskelfäserchen auflösen und sogar zu Samenzellen (Spermatozoen) werden.

Auf Grund solcher, gar nicht mehr so seltener Tatsachen scheint dem Verfasser die Umkehrbarkeit morphologischer Vorgänge erwiesen. Diese Tatsache der Verjüngung, meint er, eröffnet uns ganz neue, ungeahnte Kräfte der Natur, die einerseits ihre Dauerfähigkeit begreiflich machen, anderseits die Befruchtung als Verjüngungsprozeß für das Protoplasma unnötig erscheinen lassen. So konnte z. B. Weismann 22 Jahre lang das Krebschen Cypris parthogenetisch, ohne Befruchtung, züchten, so tauchen immer neue Fälle von Apogamie (Bildung von Embryonen trotz Verlust der Zeugungsfähigkeit) bei Pflanzen auf, so erscheinen selbst bei vielhundertjährigen Bäumen Blätter und Blüten ebenso jung wie beim einjährigen.

Der genaue Verlauf der rückgängigen Entwicklung besteht nach Beobachtungen, die Schultz an Hydren (Süßwasserpolypen) und Planarien (Strudelwürmern) machte, darin, daß einige Zellen direkt zerstört werden, andere entarten, dritte embryonal werden und vierte unverändert bleiben. Die Verkleinerung des Gewebes oder Körpers geschieht demnach auf Kosten der Zahl, nicht auf Kosten der Größe der Zellen. Merkwürdig ist auch die Rolle einiger Gewebe bei dem Reduktionsprozeß. Das Pigment der Pigmentzellen schwindet. Das Nervengewebe ist trotz seiner hochgradigen Differenzierung eines der standhaftesten Gewebe. Die Geschlechtszellen bleiben oft nicht nur bei vollständiger Rückbildung des Mutterorganismus erhalten, sondern werden dabei sogar noch in ihrer Entwicklung gefördert. Das lassen botanische Beobachtungen, des Verfassers Studien an der Hydra und Beobachtungen am Rheinlachs erkennen, der monatelang keine Nahrung zu sich nimmt und trotzdem während dieser Zeit auf Kosten der Muskelsubstanzen die Geschlechtsprodukte heranwachsen und reifen läßt. Ebenso scheint es sich bei anderen Fischen zu verhalten.

Im Lichte dieses Gedankens der umkehrbaren Entwicklung erscheint dem Verfasser auch die Vererbung, besonders diejenige neuerworbener Eigenschaften, leichter erklärlich als bisher, worüber das Nähere in seiner Arbeit selbst nachgesehen werden muß.

Erloschene Geschlechter.

Leider scheint diese Umkehrbarkeit der Entwicklung doch nur eine auf wenige Fälle beschränkte Ausnahme von der großen Regel zu sein, wonach es auf dem einmal eingeschlagenen Entwicklungswege kein Zurück mehr gibt. Das zeigt vor allem das unaufhaltsame Aussterben ganzer Tiergruppen, dessen Gründe Charles Depéret in seinem Buche über „Die Umbildung der Tierwelt" zu ermitteln sucht.*) Die eigentlichen inneren Ursachen des Aussterbens der Arten aufzufinden, ist gegenwärtig allerdings noch schwierig; der Mechanismus dagegen oder die gesetzmäßigen Umstände, unter denen das Erlöschen sich vollzieht, sind ziemlich klar. Vielfach gehen zwei verderbliche Umstände, Zunahme der Körpergröße und einseitige Ausbildung der Organe, Hand in Hand und wir können am Leitfaden der paläontologischen Funde ganz allgemein feststellen, daß die Riesenformen, die zugleich sehr einseitig ausgebildet sind, niemals am Beginne, sondern allein gegen das Ende der betreffenden Tierstämme auftreten. Demgemäß könnte man einer Anzahl Arten von besonderer Körpergröße und Einseitigkeit, wie Elefanten, Giraffen, Flußpferden, Walen u. a., ein baldiges Aussterben voraussagen, auch wenn der Mensch nicht den Vorgang des Aussterbens beschleunigend dazwischen träte.

Schon 1893 faßte Dollo die Gesetze der Entwicklung dahin zusammen, daß sie sprungweise vor sich gehe, nicht umkehrbar sei und ihre Grenzen habe. Das zweite Gesetz, wenn es auch für Individuen bisweilen Ausnahmen zuläßt, besagt im allgemeinen doch, daß für einen Tierstamm, der nach

*) Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, Heft 4, Leipzig 1908.

**) Fortpflanzungskörper der Süßwasserschwämme.

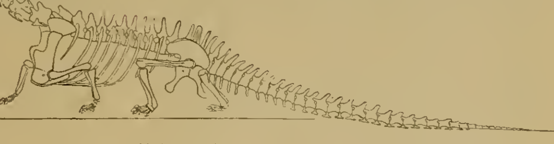
*) Deutsch von R. N. Wegner. Stuttgart 1909.

einer bestimmten Richtung hin eine einseitige Ausbildung begonnen hat, niemals eine Rückkehr auf dem eingeschlagenen Wege möglich ist. Niemals wird z. B. das Pferd die verlorenen oder rudimentär gewordenen Seitenzehen seiner tertiären Ahnen von neuem hervorbringen, wiedergewinnen können; im Gegenteil wird sich das Bestreben zeigen, das noch davon Vorhandene ebenfalls zum Verschwinden zu bringen. Schließlich hat die Spezialisierung der Organe im Verein mit der Körpergröße und vielleicht auch noch mit krankhaftem Wachstum bestimmter Organe einen solchen Grad erreicht, daß kein Vorwärts, kein Zurück mehr möglich ist: die Art, ja sogar der Stamm stirbt aus und wird durch einen anderen ersetzt, der sich bis dahin langsamer entwickelt hat, noch in seiner Jugend steht, vielleicht weil er weniger sprunghafte Mutationen durchgemacht hat, und nun durch die Stufen der Reife und des Alterns demselben Ziele zuschreitet.

Unter den ausgestorbenen Familien ragen durch die Menge, den guten Erhaltungszustand und die Riesenhaftigkeit ihrer Überreste die Saurier hervor. Der „Saurierberg" bei Tendaguru in Ostafrika, über den seinerzeit schon berichtet wurde (s. Jahrb. VI, S. 105), verspricht eine riesige Ausbeute, über die leider immer noch nichts Näheres zu sagen ist. Fraas fand u. a. Rückenwirbel, welche die des berühmten Diplodocus um ein Drittel übertreffen und einer neuen Art angehören, die er mit dem Namen Gigantosaurus augustus africanus belegte. So braucht sich nun die Alte Welt mit ihren Tierriesen nicht mehr vor der Neuen zu verstecken.

Daß mit der Zusammenfügung der Knochenreste und der beliebigen Aufstellung des Skeletts die Arbeit, welche die Wissenschaft zur Veranschaulichung ausgestorbener Formen leisten muß, keineswegs getan ist, beweist der Streit, der gegenwärtig über die Körperhaltung des Diplodocus, des riesigsten, gegen 40 Meter Länge erreichenden Dinosauriers, entstanden ist. Welche Haltung die Rekonstrukteure ihm anfänglich zuschrieben, ersieht der Leser aus der Abbildung eines Diplodocus carnegii im sechsten Jahrbuche (S. 103). Diese Stellung, ebenso wie die Reproduktion, die das Titelbild des siebenten Jahrbuches bildet, ist nach Prof. Dr. Tournier*) und dem Amerikaner Dr. Hay eine völlig falsche.

Da der Diplodocus nach allen wesentlichen Körpermerkmalen ein echtes Reptil vom Baue der vierfüßigen typischen Eidechsen gewesen ist, kann sein Gang nicht hochbeinig wie der eines Säugetieres gewesen sein. Sowohl Oberarm wie Oberschenkel müssen dauernd in einer Horizontalebene sich bewegt haben, der Bauch muß zwischen den weit von ihm abstehenden Gliedmaßen wie in Gurten aufgehängt gewesen sein und zumeist den Boden gestreift haben. Die Sohlen müssen den Boden voll berührt haben. Der Schwanz, der in der gegenwärtigen Aufstellung nur mit der hinteren Hälfte dem Boden fest aufliegt, während die Schwanzwirbelkörper des hochansteigenden vorderen Endes weit auseinanderklaffen, eine Unmöglichkeit bei Reptilien, muß seiner ganzen Länge nach auf der Erde geruht haben, eine Lage, in der er als Schlepporgan die Rumpfwirbelsäule versteift und dem Tiere eine schnelle geradlinige Fortbewegung sichert. Nur in dieser Stellung konnte der Schwanz endlich das Widerlager für den gewohnheitsmäßig hochgetragenen Hals bilden und das Tier selbst gegen Überkippen nach vorn schützen, wenn es mit ein wenig Sförmig gebogenem Halse Böschungen hinabstieg oder von Fluß- und Seeufern aus gründelnd und fischend seiner Beute nachging. Auf diese Lebensweise des Diplodocus weist nämlich dessen höchst eigenartige Bezahnung, mit Stiftzähnen nur vorn im Munde, als Seihapparat, entschieden hin, nicht etwa auf Pflanzennahrung, wie bisher vermutet wurde.


Haltung, die der Diplodocus nach Dr. Tournier einnehmen mußte.

Daß der Hals des Diplodocus nicht wagrecht, sondern häufig oder gar durchgängig hoch aufgerichtet und gebogen wie bei den Straußvögeln getragen wurde, läßt sich aus seinem Baue unwiderleglich nachweisen. Jeder seiner Halswirbel besitzt einen geradezu übertrieben kugeligen Gelenkkopf für seinen Vorangänger, der seinerseits für diesen Gelenkkopf eine Aushöhlung besitzt, die im Verhältnis zu ihm auffällig klein erscheint. Der Hals aber konnte deshalb nach allen Seiten übertrieben starke Biegungen ausführen: eine über die Senkrechte hinaus nach oben hin, dann je eine mächtige Horizontalschleife nach rechts und links und endlich eine Biegung mit ganz gewaltigem Ausschlagwinkel nach unten. Die aufrechte Haltung des Halses läßt sich auch aus der Richtung des Kopfes zum ersten Halswirbel beweisen, sodann durch die bei ihm an jeder Halswirbelunterseite vorhandenen zwei langen Knochenzapfen, die in ganz gleichartiger Ausbildung bei allen Vögeln zu finden sind, welche einen kleinen Kopf auf einem langen Sförmigen Halse tragen, wie der Helmkasuar und die Straußvögel.

Auf demselben Standpunkte wie Prof. Tournier steht nach einer von ihm gelieferten bildlichen Darstellung Dr. Hay, während andere amerikanische Gelehrte sich für die Richtigkeit der alten Aufstellung des riesigen Sauriers aussprechen und sich dabei auf die Originalfunde stützen, während Prof. Tournier nur die Gipsabgüsse zu Gebote standen.

Während wir bisher nur die Knochen der Dinosaurier kannten, an denen der jurassische Sandstein von Wyoming neben Vogel- und Säugetierresten so reich ist, hat man neuerdings bei Lance-Creek die Mumie eines Dinosauriers ent-

*) Vortrag in „Umschau", XIII, Nr. 40.

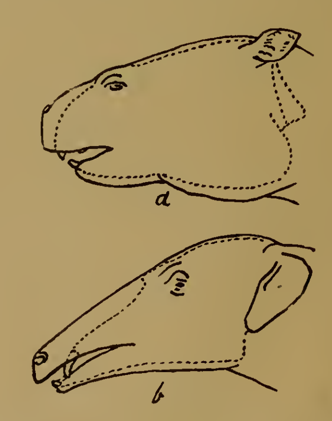
deckt. Das etwa 6 Meter lange Tier lag auf dem Rücken, den Kopf seitlich gewendet, mit ausgestreckten Vorderbeinen und an den Körper gezogenen Hinterbeinen. Das Skelett ist noch ganz von der Haut umgeben, die fast so dünn wie Menschenhaut ist und auf den ersten Blick unregelmäßige Streifen, bestehend aus kleinen Flecken von der



Diplodocus nach Dr. Hay.

Größe eines halben Dollars, zu tragen scheint. Jeder dieser vermeintlichen Flecke besteht jedoch aus einer Anzahl mosaikartig zusammengefügter vielseitiger Platten, und auch die Räume zwischen den scheinbaren Flecken sind von zahllosen kleineren Platten ausgefüllt. Diese Dinosaurierhaut ist gänzlich verschieden von der Körperbedeckung irgend eines anderen Tieres. Anscheinend ist der Saurier an einem sandigen trockenen Platze verendet, wo sein Kadaver, der Sonne ausgesetzt, zu einer natürlichen Mumie zusammenschrumpfte, die dann durch aufgeschwemmte Sandmassen weiterer Vernichtung entzogen und so der Nachwelt erhalten worden ist.

Beim Ichthyosaurus, dem europäischen weitläufigen Vetter der amerikanischen Dinosaurier, hat man vielfach innerhalb des Rippenskeletts die Skelette junger Individuen anscheinend derselben Art gefunden, die nicht erst nach dem Tode etwa hineingeschwemmt sein können. Zur Erklärung ihres Aufenthaltes gibt es zwei Möglichkeiten: sie waren entweder ungeborene Embryonen oder sie sind von den alten Tieren gefressen worden. Eine genaue Untersuchung der bekannten Fälle durch Prof. Dr. Branca*) ergab, daß in der Lage der jungen Tiere eine zweifache Richtung zu unterscheiden war: von etwa 45 Exemplaren hatten neun den Kopf nach dem Hinterende des großen Tieres, fast alle übrigen, 75 Prozent, ihn nach vorn gewendet; nur drei lagen mit nach unten gerichteter Schnauzenspitze. Wenn man nun nicht die unwahrscheinliche Annahme machen will, daß die jungen Ichthyosaurier der Mehrzahl nach durch Steißgeburt, das Hinterende vorweg, zur Welt gekommen sind, so ergibt sich als das Wahrscheinlichste, daß die mit der Schnauze nach vorn gerichteten Tierchen von dem alten Fischsaurier schwimmend von hinten gepackt und unzerkaut hinuntergeschlungen sind. Als Embryonen sind dann nur die anzusehen, welche noch die in der Eihaut natürliche gekrümmte Lage zeigen, ferner die im Hinterteil der Alten mit der Schnauze nach hinten gerichteten und endlich die außerhalb und hinter dem Muttertiere aufgefundenen, welch letztere wahrscheinlich im Tode geboren sind. Bei denjenigen Exemplaren, die sehr viele Junge bergen (7—11), handelt es sich möglicherweise auch um eigene und gefressene Junge. Letzteres ist allerdings das Wahrscheinlichere, nicht nur wegen der großen Gefräßigkeit der Ichthyosaurier, die anscheinend bisweilen sogar den Tod des Fressers herbeigeführt hat, sondern auch wegen der Tatsache, daß bei fünf von denjenigen sechs Exemplaren, die nur ein einziges Junges enthalten, zweifellos Embryonen vorliegen. Es hat danach den Anschein, als ob der Ichthyosaurus in der Regel nur ein lebendiges Junges zur Welt gebracht hätte. Letzteres kann in diesem Falle, obwohl es sich um ein Reptil handelt, nicht wundernehmen, da die Ichthyosaurier völlig Wassertiere waren und keine Möglichkeit besaßen, auf dem Lande Eier abzulegen. In auffallendem Gegensatze zu den Fischsauriern stehen die Teleosaurier, die mit dicken viereckigen Knochenschildern bedeckt und durch längere Gliedmaßen wohl befähigt waren, sich auch auf dem Lande zu bewegen.



Zwei tertiäre Säugetiere aus Ägypten: a) Moeritherium, b) Paläomastodon, (- - - Schädelumriß).

Eine ganz andere Entwicklungsrichtung hatten die Flugsaurier eingeschlagen; etwa 60 Arten unter den fossilen Reptilien waren mehr oder minder mit Flugvermögen ausgestattet, darunter solche

*) Abhandl. der Kgl. preuß. Akad. der Wissenschaft Sitzungsberichte der Akad. der Wissensch. 1908.

von Sperlingsgröße bis zu Tieren, deren Flügelspannweite 7½ Meter betrug. Der bekannteste Flugsaurier, der Archäopteryx, zu neun Zehnteln Vogel, zu einem Zehntel noch Reptil, und die Ichthyornis-(Fischvogel-)Arten, Vögel der Kreidezeit mit bezahnten Kiefern, können als Übergangsarten bezeichnet werden, obwohl die Vögel selbst wohl nicht von ihnen, sondern von Fallschirmreptilien stammen.

Über die Lebens- und Ernährungsweise zweier tertiärer Säugetiere, der aus dem Obereozän und dem Oligozän Unterägyptens stammenden Möristiere und Urmastodons (Moeritherium und Paläomastodon) hat H. F. Osborn*) Untersuchungen angestellt. Ihr Entdecker C. W. Andrews sah sie als Vorläufer der Elefanten an, jedoch erkannte man bald, daß Moeritherium kein direkter Vorfahr der lebenden Rüsseltiere sein kann, und Andrews selbst stellte schon eine große Ähnlichkeit dieses Tieres mit den Sirenen oder Seekühen (Manati, Lamantin) fest.

Osborn stellte nun Rekonstruktionen der Köpfe dieser beiden Arten über den Schädelmodellen her, wobei sich zeigte, daß selbst das jüngere Paläomastodon höchstwahrscheinlich keinen Rüssel besaß. Moeritherium aber zeigte noch größere Annäherung an die Sirenen und mehr Abweichung von den Rüsseltieren, als man bisher annahm. Die weit vorgerückte Lage und die Kleinheit der Augen sowie die Stellung der Ohren weit oben am Kopfe sind bei letzterem Anpassungen an das Leben im Wasser. Auch der Bau der Schneidezähne und der Weichteile des Mundes, dessen Oberlippe sich nur wenig zurückziehen ließ (was immer den Anfang zur Rüsselbildung bezeichnet), ferner die Plumpheit und Fleischigkeit der Lippen sprechen für das Wasserleben. Die stumpfen, bei geschlossenem Munde verdeckten Stoßzähne dienten hauptsächlich dem Abweiden der Wasserpflanzen. Moeritherium war also ein dauernd in Flüssen lebendes Tier, das hauptsächlich unter Wasser und auf den Sandbänken weidete, etwa wie das heutige Flußpferd; doch war es für das Leben im Wasser noch mehr spezialisiert als dieses, aber nicht so sehr wie die Sirenen.

Bei Paläomastodon sitzen die Augen normal über dem ersten bleibenden Backenzahn. Der Oberkiefer verlängert sich in sehr scharfe, seitlich zusammengedrückte Stoßzähne, die wohl hauptsächlich als Waffe dienten, aber bei geschlossenem Munde nicht sehr hervortraten. Über den stark zurücktretenden Nasenbeinen saß eine große zurückziehbare Oberlippe, die aber noch nicht zu einem wirklichen Rüssel verlängert war. Dies beweist das Aussehen der unteren Schneidezähne, deren abgenutzte obere Fläche andeutet, daß die Spitze der Oberlippe beim Ergreifen der Nahrung gegen die Zähne gepreßt wurde und diese mittels des am Futter haftenden Sandes abscheuerte. Daß kein Rüssel vorhanden war, zeigt auch der stark vorspringende Unterkiefer; bei den Rüsselträgern ist dieser Kiefer dagegen sehr zurückgebildet.

*) Nature vol. 81 (1909), S. 139.

Zum Schlusse sei noch ein ausgestorbenes Säugetier erwähnt, das gleichfalls an der oberen Grenze des Größenwachstums wie der Anpassungsfähigkeit angelangt war: der Riesenhirsch, dessen Prof. Dr. Heſcheler*) gelegentlich der Neuerwerbung eines Prachtexemplars für eine Züricher Sammlung gedenkt. Diese von Irland bis zum östlichen Sibirien verbreitete Hirschart, deren Weibchen geweihlos war, ist uns in zahlreichen



Riesenhirsch.

Resten aus dem Diluvium erhalten. Sie scheint von obertertiären Cerviden (Hirschartigen) abzustammen und sich von Süd- und Westeuropa nach Norden und Osten ausgebreitet zu haben. Die irische Rasse dieses das Elen an Größe noch ein wenig übertreffenden Riesen zeichnete sich durch das größte Geweih mit 3 bis 4 Meter Spannweite aus. Der Reichtum Irlands an Überresten des Tieres rührt wahrscheinlich daher, daß es hier nicht der Verfolgung größerer Raubtiere ausgesetzt war. Männliche Skelette werden wohl deshalb in größerer Anzahl gefunden, weil die schwere, bis 45 Kilogramm wiegende Kopfzier dem Hirsche, der auf morastigen Boden geriet, das Herausarbeiten weit schwieriger machte als der Hindin. Die Höhe des Züricher Skeletts beträgt bis zur obersten Stelle des Rückens 1·85 Meter, bis zur obersten Geweihzacke 3·09 Meter. Die Spannweite des schaufelförmigen Geweihes ist 3·74 Meter. Die Spitzenzahl des sehr variabeln Geweihes wechselte mit dem Alter und betrug im Höchstfalle 10 bis 11.

*) Neujahrsbl. der Naturf. Gesellsch. Zürich 1909.

Aus der Pflanzenwelt.

(Botanik.)

Blüten und Insekten. * Aus deutschen Wäldern. * Vom Empfindungsleben der Pflanze.

Blüten und Insekten.

Das leichtbeschwingte Insekt, von Blume zu Blume gaukelnd und in anmutigem Spiel bald hier, bald da Nektar oder Pollen raubend, die duftende Blüte, mit allen Reizen die glücklichen Kinder der Luft lockend, um sie gegen süßen Lohn zu Liebesdiensten zu werben: ihr Zusammenwirken erscheint uns als das Ideal der Zweckmäßigkeit und Schönheit, wie es die Natur nur selten in solcher Vollendung geschaffen hat. Selten nur trifft man eine Ausnahme, die verrät, daß auch Biene und Schmetterling nicht immer ungestraft „unter Palmen wandeln". Zu den gefährlichen Gastgebern gehören u. a. die Asklepiadeen, deren Blüten unter dem Namen „Klemmfallenblumen" bekannt sind. Sie spielen in der Flora der heißeren Gegenden eine große Rolle, sind bei uns aber nur durch wenige Arten vertreten. Die Asklepiasarten (Seidenpflanzen) besitzen Staubgefäße mit Honigbehältern, der Blütenstaub bildet zusammenhängende Ballen im Grunde der Staubbeutel, die von den Fortsätzen der Griffelkopfanhängsel herabhängen.

Die Bestäubung vollzieht sich folgendermaßen: Die herabhängenden Blütenstaubmassen (Pollinien) sind durch die außen an den Staubblättern gebildeten Nektarien (die Nebenkrone) zugedeckt. Die festen Ränder oder „Leitschienen" der Staubgefäße lassen Spalten zwischen sich. Das auffliegende Insekt gleitet auf dem sehr glatten Griffelkopfe aus und gerät mit einem seiner Füße in einen solchen Spalt. Wenn es den Fuß zurückzieht, wird dieser von dem Griffelkopfanhängsel, dem „Klemmkörper", festgehalten. Starke Insekten reißen nun das Anhängsel mit den daranhängenden Pollinien heraus, schwächere bleiben in der Falle hängen und kommen ohne Nutzen für die Pflanze um. Rutscht das beladene Insekt beim Besuch einer zweiten Blüte mit dem betreffenden Fuße wieder in eine Spalte, so bleiben die Blütenstaubmassen an der Narbe haften, der Klemmkörper bleibt am Fuße und an ihn hängt sich nun ein zweiter mit seinen Pollenmassen.

Nach der Meinung anderer Beobachter vollzieht sich das Einfangen so, daß die Insekten, Hautflügler, Schmetterlinge und Zweiflügler, an den saugenden Mundteilen festgehalten werden. Die darüber ausgesprochenen, vielfach auseinandergehenden Ansichten ließen es dem Botaniker J. Künkel d'Herculais in Südamerika wünschenswert erscheinen, neue Beobachtungen anzustellen.*)

In Argentinien gibt es in der Nähe von Buenos Aires eine Asklepiadee Araujia sericofera (Brotero), die im Dezember und Januar in voller Blüte steht. Künkel konnte dem Fange von Insekten, besonders Schmetterlingen, wiederholt beiwohnen und feststellen, daß die Opfer sich trotz aller Anstrengungen nicht zu befreien vermochten. Am Saugrüssel aufgehängt, mußten sie nach langem Todeskampfe elend zu Grunde gehen. Durch tägliches Beobachten der Araujia konnte er eine richtige Sammlung der Tag- und Nachtschmetterlinge der Gegend erbeuten.

Aus seinen Beobachtungen und Versuchen ersah Künkel, daß es sich bei dem Fangen um eine mechanische passive Aktion handelt. Die Falle der Asklepiadeenblüte funktioniert wie folgt. Die blattartigen Verbreiterungen zweier benachbarter Staubgefäße, welche die Nektarien verhüllen, lassen einen am Grunde ausgeweiteten, nach oben sich verengenden Raum zwischen sich. Die Verbreiterungen haben die Konsistenz des härtesten Holzes und ihre starren Ränder bilden eine Kulisse vor dem abgesonderten Honig. Am Ende dieser Kulisse befindet sich der Klemmkörper angebracht. Dieser, von schwarzer Farbe und holziger Beschaffenheit, hat die Gestalt einer Dachrinne, deren sehr genäherte Ränder einen Spalt zwischen sich lassen, der am unteren Ende verbreitert, am oberen mehr verengert ist. Jede Blüte besitzt fünf solche Apparate zum Insektenfang. Wenn eine Blume sich soeben entfaltet hat und ihre Nektarien vollgefüllt sind, kann der Schmetterling so seinen Rüssel bis zur Nektarhöhlung eintauchen. Aber wenn er ihn herausziehen will, verfängt der weniger dicke Teil, der auf das bauchige Endstück folgt, sich in der Staubbeutelkulisse, und je mehr er in die sich ständig verengernde obere Partie gelangt, desto fester sieht er sich dort eingeklemmt und endlich zur Unbeweglichkeit verurteilt. Der Schmetterling ist dann auf immer gefangen. Ist die Blüte völlig reif, so kann er allerdings seinen Rüssel ohne Gefahr eintauchen und nimmt dann den Klemmkörper samt den dazu gehörigen Pollenpäckchen mit. Merkwürdigerweise sind aber in dieser Periode die Besuche der Schmetterlinge und anderer Insekten seltener als vor der Blütenreife.

Aus der Falle können sich selbst so mächtige Sphingiden wie der südamerikanische Pholus labruscae Lin., die mit großer Muskelkraft begabt sind, nicht befreien. Auch sie müssen wie die kleineren an reich besetzter Tafel vor Erschöpfung und Hunger sterben. Es scheint also die Rolle der Insekten, meint Künkel, bei der Befruchtung der Asklepiadeen weit weniger wichtig zu sein, als die Mehrzahl der Naturforscher annimmt.

Nicht ganz ungefährlich für ihre Besucher erscheint auch eine Anzahl kleiner, meist in Australien heimischer Erdorchideen der Gattung

*) Comptes rend. des séances de l'Acad. des Sciences 1909, Nr. 18.

Pterostylis, über deren „Lebenswandel“ Oswald H. Sargent*) berichtet. Da von den etwa vierzig in Australien, Neuseeland und Neukaledonien lebenden Arten dieser Gattung einige wenige auch in Europa kultiviert werden, so könnte dem Leser in botanischen Gärten oder großen Orchideenzüchtereien schon eine oder die andere vor Augen gekommen sein. Merkwürdig ist bei dieser Gattung die Reizbarkeit der Lippe, die dem Säulenfuße beweglich angegliedert ist und eine längliche, schmale Platte besitzt, die sich über das Ende des Nagels hinweg in ein gewimpertes oder pinselförmiges Anhängsel ausdehnt. Läßt ein Insekt sich auf einer solchen Pterostylisplatte nieder, so schlägt sich dieselbe einwärts, und zwar so schnell, daß das Insekt mitgenommen und gegen die Säule gedrückt wird, die bekanntlich die Staubblätter und Narben trägt. Da nun die beiden Flügel der Säule und der Helm ein seitliches Entkommen unmöglich machen, so muß das Tier an der Narbe und den Antheren vorbei und entfernt dabei die sich ihm anheftenden Pollenpakete (Pollinien). Nach einer halben bis anderthalb Stunden schlägt die Lippe sich wieder zurück und ist von neuem reizbar, falls etwa ein neuer Besucher mit anderen Pollinien die Narbe befruchten sollte.

Während der heißen und trockenen Sommermonate existieren die Pflänzchen nur als kleine, fleischige Knollen, die einige Zoll unter der Erdoberfläche begraben liegen. Zu Beginn der Winterregen, ungefähr im Mai, treibt die Knolle einen einzelnen Sproß, der sehr schnell wächst und dabei an jedem unterirdischen Stengelglied zahlreiche kurze Auswüchse bildet, die nach Sargents Ansicht zweifellos die Aufnahme von Nahrungssalzen aus dem Boden besorgen. Das geschieht mit Hilfe von Pilzmycel, das in die Zellen eindringt und sie mit feinem Hyphengewebe ausfüllt. Das Wurzelsystem der Pterostylis selbst ist nur sehr schwach entwickelt.

Wenn die Pflanze ihre Blätter entfaltet und genügend Kraft gewonnen hat, entwickelt sie gerade über der Knolle einen Schößling, der genau abwärts wächst und sich schließlich zu einer Knolle verdickt, die zum Ersatze der alten diente und das einzige Überbleibsel der Pflanze während des nächsten Sommers bildet. Die von einem kürzeren oder längeren Stengel getragenen Infloreszenzen bilden eine lockere wenig- oder vielblütige Traube, sind aber bei einigen Arten (Pt. nana, pyramidalis, reflexa, constricta) auf eine einzelne Blüte reduziert. Die bei den verschiedenen Arten etwas verschieden gestaltete Konstruktion der Blüte zielt immer darauf hin, das anfliegende Insekt auf die oben beschriebene Weise zum Gefangenen zu machen und ihm beim Entwischen durch den Tunnel zwischen den Säulenflügeln die Pollinien auf den Rücken zu heften. Der sensitive, das Zurückschnellen der Lippe auslösende Teil ist das Plattenanhängsel; berührt das Insekt dieses nicht, so bleibt die Wirkung aus. Die Insekten sind Zweiflügler von solcher Winzigkeit, daß man die Reizbarkeit des Apparats nicht genug bewundern kann. Sargent wog eins, das er in eine nach ihm selbst benannte Blüte (Pt. Sargenti) geschleudert sah: es wog genau ein Milligramm und hatte, so viel der Beobachter sah, den empfindlichen Fleck nur mit einem Vorderbeine berührt, so daß der Druck auf diese Stelle noch beträchtlich geringer als ein Milligramm gewesen sein muß. Wenn die bei den verschiedenen Arten sehr verschiedene und selbst bei derselben Art nicht gleichbleibende Zeit des Verschließens verstrichen ist, kehrt die Lippe (das Labellum) in seine ursprüngliche Stellung manchmal mit einem Rucke, manchmal mit mehreren kurzen Absätzen und bisweilen mit einer langsam gleichmäßigen Bewegung zurück und ist dann erst nach einer gewissen Ruhepause wieder reizbar.

Die Blüten der meist in schattiger Lage, unter Gebüsch oder zwischen Gestein wachsenden Pterostylis treten in ihrer natürlichen Umgebung sehr wenig hervor, da sie meistens grün aussehen, einige auch rötlich oder bräunlich. Pt. vittata kommt in zwei Formen vor, mit grüner und tief rotbrauner Blüte. Nimmt man zu der Unscheinbarkeit noch den Umstand, daß die Blüte auch noch des Geruches und des Nektars entbehrt und zieht man anderseits die Reizbarkeit des Labellum in Betracht, so könnte man auf den Gedanken kommen, die Blüte sei nur eine Art Falle. Dem ist jedoch durchaus nicht so. Sargent hat gefunden, daß die kleinen Dipteren sowohl auf dem Lippenanhängsel wie in ihrem Gefängnisse eifrig mit Saugen beschäftigt sind und es auch vielfach gar nicht eilig haben, letzteres zu verlassen. Nach längerem Aufenthalte in der Blüte erscheint das Insekt immer etwas stumpf und unlustig zu fliegen, bis es einige Minuten in der frischen Luft zugebracht hat. Es ist, als ob es sich eine Art Vergiftung zugezogen hätte, als ob ein giftiges Prinzip es zu seinem Besuche verlockte. Damit steht vielleicht im Zusammenhang, daß man die kleinen Mückenarten nicht selten tot in den Blüten findet, gewöhnlich an dem Stigma klebend. Jede Pterostylisart scheint ihre eigene Insektenart als Befruchterin zu haben, was auch eine sorgfältige Prüfung des Blütenbaues erwarten läßt. Doch trifft man auch Hybriden zwischen einzelnen Arten. Die Befruchtung der Blüten ist bei den verschiedenen Spezies sehr ungleichmäßig, die meisten scheinen nur wenig Samen zu bringen, weshalb auch die Übersommerungsknolle unentbehrlich sein wird.

Eine merkwürdige Orchideenart, über deren Besucher und Bestäubung Näheres allerdings noch nicht bekannt zu sein scheint, wurde unter dem Namen Krötenorchis schon im Jahre 1841 in der englischen Zeitschrift Gardeners Chronicle beschrieben. Sie ist im tropischen Afrika heimisch und erhielt wegen der Ähnlichkeit ihrer Blüten mit Kröten den Namen Megaclinium Bufo. In einer Nummer des Jahrganges 1909 desselben Blattes ist nun eine ähnliche Orchidee besprochen und abgebildet, die den Namen Megaclinium purpureorachis hat. Sie ist kürzlich in England zur Blüte gekommen und die Abbildung schon beweist, daß der seltsame Name Krötenorchis nicht zu Unrecht gewählt ist. Nach der Beschreibung von Prof. Dr. F. Hildebrand*) stehen die Blüten nicht frei

*) Annals of Bot. Vol. XXIII, Nr. 90 (1909).

*) Die Umschau, XIII, Nr. 33.

auf Stielen, wie dies bei vielen Orchideen der Fall ist, sondern treten über dem Rande der Hochblätter des flachgedrückten Blütenstandes derart hervor, daß es aussieht, als säßen hier senkrechte Reihen von kleinen Kröten auf der Mitte der beiden Seiten eines flachen langgestreckten Blattes. Die Blüten haben auf gelblichem Grunde braunrote Streifchen und Punkte und ähneln also auch hiedurch wie durch ihre Gestalt dem Aussehen von Kröten. Dazu kommt noch, daß die Unterlippe dieser Blüten



Blühende Krötenorchis; rechts Einzelblüte, die wie eine Kröte aussieht.

derart an ihrem Grunde befestigt ist, daß sie sich bei einem Luftzuge leicht auf- und abwärts bewegt und so einer sich hebenden und wieder senkenden Zunge ähnelt. Es liegt hier, bemerkt Prof. Hildebrand, bei diesen Krötenorchideen ein bemerkenswerter Fall von Ähnlichkeit zwischen Blüten und Tieren vor, wo man, wie auch wohl in allen anderen derartigen Fällen, es bezweifeln kann, daß diese Ähnlichkeit für einen der beiden Teile von irgend welchem Nutzen sei.

Über die Bedeutung der extrafloralen Nektarien und die Beziehung der Insekten zu ihnen liegt eine Anzahl neuer Untersuchungen vor.

In einer Arbeit über die außerhalb der Blüten befindlichen Honigdrüsen verschiedener, meist tropischer Arten der Gattung Polygonum (Knöterich) hat E. J. Salisbury die Bedeutung dieser Organe in ähnlicher Weise wie Schimper, Burck, Niewenhuis-Uxküll u. a. dargestellt.*) Seine Untersuchungen führen zu dem Schlusse, daß alle Nektarien ursprünglich von Wasserleitungszellen abzuleiten sind, die im Dienste einer physiologischen Verrichtung, nämlich der Entfernung überschüssiger Flüssigkeit aus dem Pflanzenkörper, stehen, daneben aber in manchen Fällen eine sekundäre, biologische Bedeutung erlangt haben. Daß extraflorale Nektarien häufig auf Pflanzen in den Tropen anzutreffen sind, wo überraschender Feuchtigkeitswechsel vielfach eine tägliche Erscheinung ist, kann nicht ohne Bedeutung sein. Bei den Knöterichen führt die Zunahme der Luft- oder Bodenfeuchtigkeit stets auch ein bemerkenswertes Anschwellen der Nektarabsonderung herbei. Dagegen wurde in keinem Falle ein Besuch der Nektarien durch Ameisen bemerkt, weder bei den exotischen Arten der Gattung noch bei Polygonum Convolvulus an seinem natürlichen Standorte. Von letzterer Art wurden einige Dutzend Exemplare in verschiedenen Lagen unter ständiger Beobachtung gehalten; aber unter keinen Umständen war bei ihnen Insektenbesuch zu verzeichnen.

Nicht gegen alle Stengel- und Blattnektarien verhalten die Insekten sich so ablehnend. A. Hetschko**) teilt mit, daß nach seinen Beobachtungen bei Teschen die meisten Insekten die auffälligen Blüten der Saatwicke (Vicia sativa) und der Saubohne (Vicia Faba) ignorierten und nur den extrafloralen Nektar der Nebenblättchen aufsuchten. Für die Saatwicke führt er als Besucher ihrer extrafloralen Nektarien 28 Hautflügler (darunter 4 Ameisenarten), 21 Zweiflügler, 8 Käfer und 1 Halbflügler (Lygus pratensis) an. Mit großer Sicherheit finden namentlich die Hautflügler die versteckt liegenden Nektarien auf. Vor der Blütezeit trifft man an den Nektarien meistens nur Ameisen und einige Fliegen und Hautflügler an. Während der ganzen Blütezeit aber geht namentlich die Honigbiene dem extrafloralen Nektar nach und sammelt nur ausnahmsweise Pollen oder Blütenhonig von der Wicke; und in diesem Falle benützt sie auch noch die von den Hummeln gemachten Löcher am Blütengrunde.

Letzteres hat seinen Grund darin, daß bei diesen beiden Wickenarten die Flügel mit dem Schiffchen so fest verbunden sind, daß nur größere und stärkere Insekten den Verschluß öffnen und den Honig sammeln können. Den Hummeln würde diese Arbeit nicht schwer fallen; dennoch beißen sie, wie anderwärts auch, häufig Löcher in die Blüten, um den Nektar zu rauben. Bei der Saubohne wurden drei Hautflügler, die Honigbiene und zwei Ameisenarten, sechs Zweiflügler, vier Käfer und der schon genannte Lygus als Besucher der extrafloralen Nektarien festgestellt. Der eifrigste Gast war die Honigbiene, die auch hier nur selten den Blütenstaub einsammelt. Bei der Zaunwicke (V. sepium) hat Hetschko als Besucher der Blattnektarien immer nur Ameisen angetroffen.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch ein Wesen als Blütenbesucher geschildert, das man in der zarten Gesellschaft der Schmetterlinge, Bienen und Ameisen gewiß nicht zu finden erwartet, nämlich eine Fledermaus.

Über Fledermäuse als Bestäubungsvermittler berichtet P. Magnus**) auf Grund

*) Annals of Botany, XXIII, Nr. 90, April 1909 (s. auch Jahrb. d. Nat., Jahrg. VI, S. 129).

*) Naturw. Rundsch., XXIV, Nr. 14.

**) Naturw. Rundsch., XXIV, Nr. 6 und 22.

einer Beobachtung, die M. Bartels in einem Garten bei Pasir Datar auf Java machte. Hier blühten in den letzten Monaten des Jahres 1907 eine Anzahl Agaven, aus deren gedrängten Blüten die Staubfäden lang hervortraten. Sie wurden jeden Abend von zahlreichen Fledermäusen umschwärmt. Der Magen einer spät abends erlegten Fledermaus (Eonycteris spelaea) enthielt nur Blütenstaub der Agaven, woraus Bartels schließt, daß dieser Pollen die Hauptnahrung der Fledermäuse dieser Art bildet und von ihnen mit der besonders langen Zunge aufgenommen wird. Magnus stellt nun die Frage, ob nicht der Besuch dieser Tiere auch den abgeweideten Agaven zu gute komme. Sämtliche Agaven, die er im Berliner Botanischen Garten blühen sah, zeigten sich proterandrisch, d. h. die Staubblätter der Blüte entwickeln sich weit eher als der Griffel mit der Narbe. Erst nachdem der Blütenstaub aus den Antheren herausgefallen oder weggeführt ist, breitet der nachgewachsene Griffel an deren Stelle die nun empfängnisreifen Narben aus. Wenn daher ein Tier im ersten männlichen Stadium der Blüte in sie eindringt, um den am Grunde des Griffels abgesonderten Nektar zu holen, so bestreicht es sich mit dem Blütenstaube der aufgesprungenen Antheren den Körper an einer Stelle, mit der er beim Besuche einer im weiblichen Stadium stehenden Blüte die Narbe streift, und vollführt so die Bestäubung. Es wäre recht bemerkenswert, wenn die Bestäubung bei den Agaven durch Eonycteris spelaea geschähe, wenn sie sich vielleicht auch Nektar mit der langen Zunge aus den Blüten weiblichen Stadiums holte und dabei mit an den Mundteilen haften gebliebenen Pollenkörnern die Narbe bestäubte.

Diese Annahme ist sehr wahrscheinlich, da man, wie Prof. Magnus nachträglich mitteilt, schon vorher Fledermäuse in der Rolle von Bestäubungsvermittlern beobachtet hat. So frißt auf Java der Kalong oder fliegende Hund (Pteropus edulis) die drei inneren blumenblattähnlichen Blätter der schönen Pandanee Freycinetia und bewirkt dabei höchstwahrscheinlich die Bestäubung der weiblichen Blüten. Bauhinia megalandra auf Trinidad wird nach Beobachtungen H. Harts von Fledermäusen bestäubt, wie auch die Blüten eines anderen dortigen Baumes, Eperua, regelmäßig von Fledermäusen besucht werden. Sie wurden an diesen Blüten im Botanischen Garten zu Trinidad gefangen. Ihr Benehmen beim Blütenbesuche ähnelt dem von Nachtfaltern so sehr, daß sie zuerst dafür gehalten wurden. Nach Hart ist es zweifellos, daß die Blüten der Eperua von dieser Fledermaus (Glossonycteris Geoffroyi) bestäubt werden. — Es bleibt bei alledem nur die Frage, ob besagte Blüten auf die Fledermäuse als alleinige Bestäubungsvermittler angewiesen sind, oder ob diese nur gelegentlich als solche wirken und die Pflanzen auch ohne sie auskommen können.

Aus deutschen Wäldern.

Wir beginnen diesen Bericht mit der Beschreibung des in weiteren Kreisen noch völlig unbekannten größten deutschen Eibenwaldes bei Paterzell in Südbayern, der von Dr. Fritz Kollmann sozusagen neuentdeckt und vorzüglich beschrieben worden ist.*) An der Westseite des Tales, das früher der jetzt völlig verschwundene Zellsee ausfüllte, erheben sich die Forster Höhen, ein etwa 750 Meter hohes Plateau, von dessen Rand fast bis zum Talgrunde sich der etwa 0·5 Quadratkilometer große Wald erstreckt. Der Waldgrund, ein durch stark kalkhaltige Quellen noch in Vermehrung begriffener Tuffkalk, ist sehr feucht, an mehreren



Harfenfichte bei Frauenberg in Steiermark, deren zehn aufwärts strebende Äste durch das Niederliegen des Hauptstammes veranlaßt sind.

Stellen direkt sumpfig und von mehreren Rinnsalen durchzogen. An Bäumen finden sich vornehmlich Fichten, dann nicht selten und teilweise in mächtigen Exemplaren Tannen, Buchen mit einem Umfange bis zu 3·84 Meter, weißer Ahorn, Erle, Eberesche und Sorbus aria, seltener Bergrüster und Linde. Das Aussehen der Stämme und des Untergrundes, der stellenweise ein dichtes Unterholz trägt, erweckt manchmal den Eindruck, als ob man sich in einem kleinen Urwalde befände.

In diesem Walde steht nun eine große Anzahl von Eiben, nach des Verfassers auf Zählung begründeter Annahme zwischen 2400 und 2500 Stämme und Stämmchen, vereinzelt oder seltener in Gruppen von zwei bis sechs Stämmen als Zwischenholz und Unterholz unter den übrigen Bäumen. Sie tragen sämtlich den Charakter von Bäumen. An Stärke sind sämtliche Maße vertreten, von spannenhohen, meterhohen, finger- und armsdicken Exemplaren bis hinauf zu den 15 und 16 Meter hohen und bis 0·85 Meter im Durch-

*) Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. VII (1909), Heft 4.

messer haltenden Stämmen. Von einem Aussterben der Eibe kann hier also nicht gesprochen werden. Im Gegenteil! Man muß sogar im Hinblicke auf den starken Nachwuchs von einer überraschenden Vermehrungsfähigkeit sprechen — stehen doch auf einer kurzen Strecke von ein paar Schritten fingerdicke Stämmchen oft zu 20 bis 30 beieinander. Während die jüngeren Stämme meist einen schönen tannenartigen Wuchs zeigen, haben die größeren Exemplare durch Sturm und Wetter arg gelitten, fast immer ihre ursprünglichen Gipfeltriebe eingebüßt und an deren Stelle zwei oder mehr neue gebildet, von denen dann auch wieder ein Teil dem Sturme, manchmal allerdings auch frevelnder



Hallimasch. (Nach Weichers Naturbildern.)

Menschenhand zum Opfer gefallen ist. Auch Schnee und Blitz haben einzelnen übel mitgespielt. Die Stämme sind knorrig, spannrückig, größtenteils kernfaul und zuweilen mit Laubausschlägen überdeckt. Trotzdem aber regt sich in der Mehrzahl ein frisches, gesundes Leben und sie grünen und blühen fröhlich weiter und stehen im Herbst im prächtigen Schmuck ihrer roten Scheinberen da. Männliche und weibliche Bäume kommen ungefähr in gleicher Anzahl vor.

Wie durch die große Zahl der Eiben überhaupt, ist der Paterzeller Wald auch ausgezeichnet durch die große Zahl starker und hoher Taxusbäume. Die stärkste Eibe, am nordöstlichen Ende des Bestandes, besitzt in Brusthöhe einen Umfang von 2·64 Metern. Eine ganze Reihe kommt ihr an Dicke nahe, und von Eiben über 1·20 Meter Umfang gibt es im ganzen 182. Auch bei den starken Paterzeller Stämmen handelt es sich öfters um Scheinstämme, d. h. solche, die durch Verwachsung mehrerer Stämme zu einem oder durch Vereinigung eines Mutterstammes mit Tochterstämmen entstanden sind.

Das mutmaßliche Alter der Bäume zu bestimmen ist ebenso verlockend wie schwierig; denn die Jahresringbreiten der Eiben schwanken in ziemlich weiten Grenzen. Dr. Kollmann fand keinen Jahresring von über 1 Millimeter Dicke, die meisten blieben weit darunter. Bei einem im Innern kernfaulen Stammstücke ergaben Messungen an drei Radien auf 15 Zentimeter Länge 262 Jahresringe, auf 14·8 Zentimeter Länge 245 und auf 10·3 Zentimeter 190 Ringe. Das gibt ein Gesamtmittel der Jahresringbreite von 0·57 Millimetern, für den stärksten Stamm von 0·85 Metern Durchmesser also ein Alter von 150 Jahren. Der Höhe nach waren Bäume von 10 Metern keine Seltenheit, auch waren solche von 13 bis 16 Metern vorhanden.

Leider wird dieser kostbare Bestand, der als hervorragendes Naturdenkmal unter den Schutz des Staates gestellt werden müßte, durch die Umwohner schonungslos ausgebeutet. „Daß die umwohnenden Landleuten, wie ja auch anderswo, Zweige als Kranzmaterial besonders für Allerheiligen benützen, wäre schließlich verzeihlich. Unverzeihlich aber ist, wenn, wie ich es mit eigenen Augen gesehen, junge Eibenbäumchen abgeschnitten und dann weggeworfen werden, wenn Eiben der Gipfel abgesägt wird, um sie bequemer plündern zu können, wenn 2 Meter hohe Bäumchen ausgegraben und gestohlen werden, oder wenn gar jahrelang ein Weib aus München in der Nähe des Waldes ihr Quartier aufschlägt und acht Tage lang mit Hilfe von zwei Männern Eibenzweige abschneidet, um diese wagenweise nach München zu liefern. Strengster Schutz tut da dringend not."

Die Arbeit Dr. Kollmanns gibt einen vollständigen Überblick über die Verbreitung der Eibe in Deutschland, soweit sie urwüchsig vorkommt. Das Bild ist ein ziemlich trauriges. Vielfach handelt es sich an den Standorten nur um vereinzelte, nicht selten im Absterben begriffene Exemplare, denen vor allem junger Nachwuchs zu fehlen scheint. Noch ziemlich zahlreich findet sich die Eibe in den Ostseeprovinzen von Mecklenburg bis Ostpreußen. Sonst ist ihr Vorkommen durchwegs an Berggegenden gebunden, vielleicht noch mit Ausnahme des östlichen Schlesiens. In größerer Zahl ist sie nur noch in Westpreußen, im Harze, bei Dermbach in Thüringen, bei Witzenhausen in Hessen und endlich als größter und schönster „Bestand" bei Paterzell in Oberbayern zu finden. Früher mag allerdings, was die Zahl der Eiben betrifft, diese Baumart in Deutschland bedeutend häufiger gewesen sein als heute. Ihr Verbreitungsgebiet scheint sich jedoch im Laufe der Jahre nur sehr wenig geändert zu haben und mit der ursprünglichen Verbreitung des Nadelwaldes überhaupt in engem Zusammenhang zu stehen.

Zu den Waldbäumen, die zwar nicht, wie die Eibe, anscheinend auf dem Aussterbeetat stehen, aber in manchen Gegenden um ihr Dasein zu kämpfen haben, gehört die Weißtanne. Auch bei ihr handelt es sich einerseits um das Versagen der natürlichen Verjüngung durch Samen, andernteils aber auch um Schädigungen der erwachsenen

Bäume, die früher nicht in gleichem Umfange beobachtet wurden.

Seit längerer Zeit, so berichtet Prof. Dr. F. W. Neger*) in einer Arbeit über das „Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen", wird in den Wäldern Sachsens ein auffallender Rückgang der Weißtanne beobachtet. Nicht nur verschwindet dieser Baum unter dem Einflusse der jetzt fast allgemein geübten Kahlschlagwirtschaft; auch die noch vorhandenen Bestände oder Horste sind im Absterben begriffen, indem sie einer bisher nicht näher bekannten Krankheit zum Opfer fallen.

Es ist Prof. Neger gelungen, die Ursache dieses Tannensterbens in einem Pilze, dem Hallimasch (Agaricus melleus), zu entdecken, dessen gefahrdrohendes Gedeihen auf den Tannenwurzeln durch verschiedene Umstände begünstigt wird. Das Ergebnis seiner Untersuchungen läßt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Das Tannensterben in Sachsen, Bayern usw. ist nicht, wie man vielfach annahm, auf einen die Blätter oder Zweige befallenden Parasiten, sondern auf eine Wurzelkrankheit zurückzuführen. Urheber dieser Krankheit ist der Hallimasch. Die Ansteckung des Baumes erfolgt in der Weise, daß zahlreiche Rhizomorphen oder Pilzgewebestränge die Pfahlwurzel der Tanne netzartig umspinnen, an vielen Stellen gleichzeitig senkerartige Abzweigungen ins Innere der Rinde entsenden, die sich gegen diese Eindringlinge zunächst durch wiederholte Schutzkorkbildung wehrt. So wie einer der Senker den Holzkörper erreicht hat, beginnt die Fäulnis der Pfahlwurzel. Die horizontal streichenden Seitenwurzeln werden erst viel später, kurz vor dem Tode des Baumes, befallen.

Geschwächt und damit für die Hallimaschinfektion empfänglich gemacht wird der Baum durch Rauchbeschädigung, namentlich wenn zu gleicher Zeit die Wasserversorgung mangelhaft ist, ferner durch Stocken des Transpirationsstromes, welches Naßkernbildung im Stammanlaufe und in den Hauptwurzeln zur Folge hat. Dieser Fall tritt ein nach übermäßigem Nadelverlust infolge von Trockenjahren, namentlich auf flachgründigem, steinigem, der Bildung einer tiefgehenden Pfahlwurzel hinderlichem Boden oder infolge anderer ungünstiger Bodenverhältnisse, z. B. nach Bildung einer aus Fichtenstreu bestehenden Trockentorfdecke. Befördert wird die Hallimaschansteckung durch mangelhaften Lichtgenuß der Krone, der eine schlechte Ernährung des Wurzelsystems zur Folge hat. Entsprechend der außerordentlichen Verbreitung des Hallimasch kann die Ansteckung überall auftreten. Am wenigsten bemerkbar macht sie sich in reiner rauchfreier Atmosphäre, auf frischem, nicht leicht austrocknendem, aber lockerem, gut durchlüftetem Boden und bei voller, ungehinderter Kronenentwicklung. Letztere ist besonders bei der Mischung der Tanne mit der Buche zu erzielen. Nur in Gemeinschaft mit letzterer konnten Weißtannen von so majestätischer Größe und unverwüstlicher Lebenskraft heranwachsen, wie man sie noch in einigen wenigen Teilen des Erzgebirges findet und wie sie R. Willkomm in so anziehender Weise schildert:

„In den alten Buchenwäldern des sächsischen Erzgebirges trifft man noch jetzt zahlreich prächtig gewachsene mehrhundertjährige Weißtannen, deren oft wipfeldürre Kronen gleich schwarzen Kegeln hoch über die breitgewölbten hellgrünen Kronen der selbst 30 und mehr Meter hohen Buchen emporragen. Noch vor 30 Jahren, wo diese alten Tannen viel häufiger waren, bildeten dieselben einen förmlichen Bestand über dem Buchenwalde. Abkömmlinge dieser alten Tannen sind die zahlreichen jüngeren Tannen, die sich in allen jenen Buchenwäldern eingesprengt finden und sich in der Regel durch einen ungemein schönen Wuchs auszeichnen."



Alte Silbertanne bei Wernigerode.

Leider beschränkt sich diese Erscheinung des Absterbens und der versagenden Wiederverjüngung der Edeltanne nicht auf die von Prof. Neger genannten Gebiete. Auch aus dem mittleren Murgtale, einer der tiefsten und wildromantischsten Schluchten des nördlichen Schwarzwaldes, wird von dem Versagen der Weißtannenverjüngung berichtet. Nach dem Forstamtmann H. Stoll*), der diese merkwürdige forstliche Erscheinung auf ihre Ursachen hin untersucht hat, ist der Tatbestand folgender.

In den unregelmäßig, dunkel- bis lichtschlagartig stehenden, 120- bis 150jährigen, vereinzelt bis 200- und mehrjährigen Althölzern von Tanne mit Fichte findet sich nach einem Samenjahre reichlicher Anflug von Tanne ein. Die aufgelaufenen Pflanzen entsprechen der Zahl nach zwar nicht der Menge des zu Boden gelangten keimfähigen Sa-

*) Tharander Forstliches Jahrbuch, Bd. 58 (1908), Heft 2.

*) Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtsch., VII (1909), Heft 5—7.

mens, doch wäre ihre Zahl bei den häufig eintretenden Samenjahren genügend zur Gründung eines Bestandes. Die Besamung verschwindet aber zum Teil schon im ersten Jahre. Ein Teil der Pflanzen hält sich bis zum zweiten bis fünften Jahre, ab und zu trifft man noch ältere; aber diese Pflanzen zeigen ein kümmerliches Aussehen. Einjährige Pflanzen zeigen vielfach nach Ablauf des ersten Vegetationsjahres noch keine Primärblättchen; 10- bis 15jährige haben eine Gesamthöhe von 12 bis 15 Zentimetern, vielfach ohne einen Seitentrieb aufzuweisen. Die Triebe sind fädig und kurz, die Nadeln blaß mit Anflug ins Gelbe, die Knospen unscheinbar, klein und dünn. Schließlich sterben die Pflanzen ab, verschwinden, so daß man oft weite Strecken nach derartig erkrankten Pflanzen in den in Betracht kommenden Beständen suchen kann. Da und dort hat sich ein 15 bis 30 Zentimeter hoher verbissener Überrest erhalten, auf dessen höchstens 1 Zentimeter starker Abschnittsfläche man 20 bis 40 Jahresringe zählen kann.

Dagegen findet sich in den Beständen, wo jetzt die Verjüngung versagt, 60- bis 80jähriger Tannenunterstand, bald einzeln, bald in kleinen Gruppen auftretend, aber auch vielfach verbuttet und in der Entwicklung nicht stärker als 20- bis 40jährige Hölzer. An Örtlichkeiten, die eine üppige Decke von Astmoosen und darunter eine stärkere von faserigem Grobhumus, meist aus abgestorbenen Moosstrünken gebildet, tragen, stellt sich meist reichlich Fichtenanflug ein; an zu Trocknis geneigten Örtlichkeiten, wo der Auflagehumus weniger mächtig ist oder ganz fehlt, wird die Fichtenbesamung spärlich oder bleibt aus. Also auch den Fichten genügt das Keimbett nicht immer.

Auf Grund allseitiger Untersuchung, der wir hier im einzelnen nicht folgen können, kommt Stoll zu folgenden Ergebnissen: Das Versagen der Tannenverjüngung ist veranlaßt durch die Versauerung und Verdichtung des Keimbettes; dadurch wird einerseits das Auflaufen keimfähiger Samen erschwert, anderseits werden die Wurzeln der aufgelaufenen Pflanzen zum Absterben gebracht. Der Versauerung und Verdichtung besonders ausgesetzt sind die lehmig verwitternden Granite, die kalkarmen schweren Böden des oberen Buntsandsteines und die mineralisch armen, stark ausgewaschenen Gehängeschuttböden des Hauptbuntsandsteines. Grusige Verwitterungsböden des Granits und des Gneißes, mineralisch kräftige Sandböden wie auch die Mehrzahl der kalkreichen Böden verhalten sich günstiger. Wildverbiß wie auch Pilze und andere schädigende Einflüsse kommen für das Versagen der Tannenverjüngung als primäre Ursachen nicht in Frage, können aber die Wirkung der obigen Ursachen verstärken.

Die Versauerung und Verdichtung des Keimbettes ist durch die mangelnde Erwärmung des Bodens verursacht, und zwar tritt die Keimbettverschlechterung auf besonders empfindlichen Böden etwa dann ein, wenn das mittlere Höchstmaß der Oberflächentemperatur des Bodens im Durchschnitte der Monate Mai bis August unter 15° C bleibt und das absolute Höchstmaß einer Reihe von Tagen nicht wesentlich über dieser Temperatur liegt. Durch geeignete Forstbewirtschaftung je nach der Höhenlage läßt sich der Schaden der ungenügenden Keimbetterwärmung hintanhalten.

Die Tanne ist hinsichtlich der Keimbettzustände empfindlicher als die Fichte und selbst die Buche. Infolge dieser Empfindlichkeit ist die Verbreitung der Tanne wesentlich durch die Bodenwärme und damit durch die Bestandsform bedingt. Mit dem Verlassen der gestaffelten Bestandsformen wird sie aus ihren optimalen Lagen verdrängt, während sie anderseits in der unteren Vorbergregion die Laubholzbestände unterwächst und an Stelle dieser tritt, obwohl diese Zone, nach Wuchsleistung und Ausdauer der Tanne daselbst zu schließen, durchaus nicht sehr günstig für sie ist. Im Gegensatze zur Fichte ist die Tanne in ihrem Wurzelsystem nicht an saueren Untergrund angepaßt, und wo der Boden stark versauert und verdichtet ist, läßt sich ein Keimbett für sie nur durch Wärmezufuhr und weitgehende Auflockerung des mineralischen Bodens herstellen. Entfernung der aufliegenden Humusschicht allein genügt nicht.

Im Anschlusse an diese Beobachtungen seien zwei für die Ernährung der Bäume wichtige Vorgänge hier kurz erwähnt. Angeregt durch die Beobachtung, daß an blitzgetroffenen Eichen die Blitzbahn nicht nur durch die Sprengstreifen, an denen die Rinde vom Holz gelöst und abgeschleudert ist, sondern auch durch eine oder mehrere Rillen im Jungholze gekennzeichnet ist, die von den zunächst getroffenen Ästen abwärts laufend der Windung des Stammes genau folgen, vermutete man, daß den Ästen die Nährstoffe von bestimmten Wurzeln aus gesondert zugeführt werden. Prof. Kraus*), dem Direktor des Botanischen Gartens in Halle, ist es geglückt, diese Ansicht durch Versuche an frisch treibenden Ahornbäumen von 5 bis 6 Meter Höhe zu bestätigen. Der Wurzelstock dieser Bäume wurde bloßgelegt und einige Wurzeln wurden in ein mit indigschwefelsaurer Natronlösung gefülltes Gefäß getaucht. Als nach einigen Tagen die Rinde entfernt wurde, zeigte sich am Stamme eine Reihe blauer Streifen, von denen jeder für sich von einer eingetauchten Wurzel zu einem bestimmten Aste aufstieg. Gleiches ist auch an Buchen und Erlen beobachtet worden, woraus sich ergibt, daß wenigstens bei manchen Baumarten bestimmten Ästen bestimmte, sie direkt speisende Wurzeln entsprechen.

Die hier spielende Erscheinung des Saftsteigens, die während der kalten Jahreszeit ruht, hat man vielfach mittels physikalischer Kräfte allein zu erklären versucht. Allerdings hat sich ergeben, daß die bekannten rein physikalischen Kräfte, soweit sie in Betracht kommen können, nicht zur Hebung einer ausreichenden Wassermenge genügen, und man könnte nur einwenden, daß noch andere, bisher nicht berücksichtigte physikalische Kräfte im Spiele seien. Das wäre aber nur dann anzunehmen, wenn sich nachweisen ließe, daß die von den lebenden Pflanzenzellen ausgehenden Kräfte beim Saftsteigen keine Rolle spielen. Um nun zu entscheiden,

*) Elektrotechn. Zeitschr., 26. Jahrg., Heft 36.

ob es sich beim Saftsteigen um ein rein physikalisches oder um ein vitales Problem handelt, bei dem die Lebenskräfte der Pflanze mitwirken, hat A. Ursprung*) eine ganze Reihe von Versuchen angestellt, deren Ergebnis folgende Sätze sind:

Alle bisherigen Versuche, die ein Urteil über die Frage nach der Beteiligung oder Nichtbeteiligung lebender Zellen am Saftsteigen gestatten, sprechen für die Beteiligung lebender Zellen. Wenigstens fiel in den untersuchten Stengeln, Stämmen und Ästen den lebenden Zellen die Aufgabe zu, bei der Erzeugung der Hebungskraft mitzuwirken. In den älteren Teilen der untersuchten Buchensprosse sind die lebenden Rindenzellen ohne Einfluß auf das Saftsteigen und auch in den jüngsten Teilen kann eine etwaige Einwirkung nicht bedeutend sein. Die Mitwirkung lebender Holzzellen ist für die ganze Länge der untersuchten Pflanzen nötig.



Schmerwurz, Tamus communis ♂ und ♀ Triebstück, verkl.

Zur genügenden Leitung über eine dezimeterlange Strecke reicht ein geringer Bruchteil der Leitungsbahnen aus, wenn in der betreffenden Partie die Holzzellen lebend sind, während die Gesamtheit der Leitungsbahnen nicht genügend Wasser befördert, wenn die betreffenden lebenden Zellen getötet wurden.

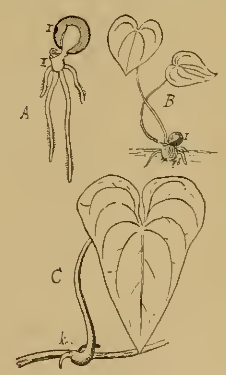
Den von den lebenden Zellen herrührenden Kraftkomponenten kommt also im Vergleiche zu den rein physikalischen eine große Bedeutung zu, wenigstens gilt das wie die vorherigen Sätze für die von Ursprung benützten Versuchspflanzen.

Auf eine der eigenartigsten Erscheinungen des süddeutschen und schweizerischen Buchenwaldes, die Schmerwurz (Tamus communis), macht Dr. Wilh. Brenner aufmerksam.**) Im Herbst, wenn aus dem sich verfärbenden Laube der den Wald umsäumenden Sträucher ihre korallenroten Beeren hervorleuchten, zieht sie sogar die Blicke des gewöhnlichen Spaziergängers auf sich. Wer aber mit dem Habitus der deutschen Pflanzenwelt vertraut ist, wird auch im Sommer stets wieder von dem prachtvollen Schnitt ihres Blattes, der ganz an tropische Typen erinnernden Aderung, dem Glanze der dünnen Blattfläche und der gesamten lianenartigen Wuchsform der Schmerwurz überrascht werden. Es ist in der Tat ein merkwürdiger tropischer Findling, der sich mit ihr in unsere rauheren Gegenden verirrt hat.

Ihre Familie, die der Dioscoreaceen, eine Sippe der Lilienblütigen (Liliifloren), bewohnt sonst mit etwa 150 Arten fast ausschließlich die Tropen der alten und der neuen Welt. Knollen der Gattung Dioscorea sind es, die als Yams, Iguamen oder chinesische Kartoffel, Hottentottenbrot usw. in warmen Ländern die Stelle der Kartoffeln vertreten.

Das Verbreitungsgebiet der Schmerwurz zieht sich von der Krim durch Südeuropa bis Spanien, wobei sie feuchtere bergige Gegend der trockenen Ebene vorzieht. Nur an einer Stelle hat sie sich nordwärts der Alpen gewagt, indem sie, offenbar durch das Rhonetal aufwärts, in das schweizerische Mittelland und das Rheingebiet eindrang. In letzterem findet sie sich zerstreut am Bodensee, nicht selten längs des Rheines bis zur Ill- und Murgmündung abwärts sowie an den Vorhügeln des badischen und oberelsässer Jura, des Schwarzwaldes und seltener der Vogesen, dann im oberen Moselgebiete bis Trier abwärts und zerstreut an der Saar. Am prachtvollsten entwickelt erscheint sie am Genfersee.

Als auffälligstes, allerdings selten beobachtetes Organ besitzt die Schmerwurz eine gewaltige



Tamus communis. *A* Keimpflanze vergrößert, *B* Pflanze gegen Ende des 1. Jahres, *C* Blatt einer ausgewachsenen Pflanze, (*I* Samen, *II* Hypokotyl, *II b* aus ihm entstandene junge Knolle, *k* „Klimmhaken") Nach Dr. W. Brenner.

Wurzel- oder Stammknolle, die in etwa 30 Zentimeter Tiefe liegt und wohl jahre-, ja jahrzehntelang ausdauert, indem sie jährlich neue Lianentriebe nach oben sendet. Die Oberfläche der sehr verschieden geformten Knolle ist stets rissig ge-

*) Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. 42, Heft 4.
**) Nat. Wochenschr., VIII, Nr. 12.

feldert und mit einer dicken braunen Korkschicht umgeben, die von zähen und kräftigen, aber wenig verzweigten Wurzeln durchbrochen wird. Sie entwickelt sich auf eine merkwürdige, von Dr. Brenner sehr genau beschriebene Weise aus dem sehr langsam keimenden Samen, während das Keimblatt zum größten Teil in der Samenschale eingeschlossen bleibt und als Haustorium (Saugorgan) zur Entnahme der aufgespeicherten Nahrung dient. Außerhalb des Samens erscheint nur das erste Würzelchen, später auch das Hypokotyl mit der Kotyledonarscheide, aus der nach kurzer Zeit die ersten Blattanlagen hervortreten. Gleichzeitig mit der Ausbildung der Blätter geht eine wichtige Veränderung mit dem Hypokotyl vor sich. Dieses beginnt nämlich rasch anzuschwellen und in dem Maße, wie die Blätter in Assimilationstätigkeit treten, die zugeführten Nährstoffe aufzuspeichern. Eine kleine kugelige Knolle entsteht unter der dunkleren Samenhülle, die sie im August schon an Größe erreicht hat. Vermutlich hat die Pflanze jedoch erst nach



1. Normales Blatt der Japanrebe. 2. Normales Blatt der Palästinarebe. 3. Anpassungsform eines Blattes der Japanrebe. (Verklein. Schattenrisse.)

einigen Jahren genügend Nahrung aufgespeichert, um zum luftigen Leben einer Liane übergehen zu können. Jedenfalls bedarf es einer Reihe von Sommern, um eine Knolle von Hand- bis Fußgröße entstehen zu lassen. Dann aber klimmt und windet sich auch der Tamus mit vielen meterlangen Trieben durch das Buschwerk und an den Bäumen empor und entfaltet eine Fülle saftig grüner Blätter und ganze Thyrsosstäbe von Blüten und lockenden Früchten.

Die Blätter zeigen am Grunde des langen, nach unten stark verdickten Blattstieles jederseits ein 5 bis 7 Millimeter langes, fast wachsartig erscheinendes, derbes Horn, dessen Verrichtung nicht ganz klar ist. Lichtwahrnehmende Organe sind es nach Dr. Brenners Versuchen nicht. Um als Haken beim Emporklimmen der Pflanze dienen zu können, müßten sie wohl größer sein, wenn auch mehrfach beobachtet wurde, daß sie das durch Winden des Stengels erfolgende Anklammern der Pflanze wirksam unterstützen können. An den oberseits dunkelglänzenden Blättern ist besonders bemerkenswert, daß sie trotz ihrer geringen Dicke und obwohl keine besonders starke Hautwand (Kutikala) an ihnen nachzuweisen ist, ungeheuer widerstandsfähig gegen Verwelken sind. Eine abgebrochene, dicht mit Beeren behangene Ranke, zum Schmucke auf einem Balkon befestigt, war bei teilweise sonniger und windiger Witterung noch nach acht Tagen vollkommen frisch.

So schön Blätter und Beeren, so unvollkommen sind die Blüten der Schmerwurz. Die männlichen und weiblichen Blütenstände sind auf verschiedene Pflanzen verteilt (diözisch). Hin und wieder sind in den weiblichen Blüten Staminodien (sterile Staubblätter, die keinen befruchtenden Pollen hervorbringen) vorhanden. Im Herbst sterben die oberirdischen Organe vollständig ab, so daß schon nach kurzer Zeit nichts mehr von der Pflanze zu sehen ist. Ein erfolgreiches Verpflanzen der Knolle ist bisher nicht gelungen. Sie scheint an den Boden ganz bestimmte Ansprüche zu stellen, wie ja schon aus ihrer ausschließlichen Bevorzugung des Buchenwaldes hervorgeht. Gegen Verletzung und Verstümmelung ist sie dagegen weniger empfindlich, sie regeneriert sehr leicht verloren gegangene Stücke und ersetzt abgebrochene Spitzen durch neue Vegetationspunkte.

Vom Empfindungsleben der Pflanze.

Eine ganz eigenartige Erscheinung beobachtete W. Schupp*) im Sommer 1907 in Sulzbach-Saar an einem seiner Weinstöcke, eine Erscheinung, die auf Veranlassung Prof. Francés auch durch K. O. Hoffmann bestätigt worden ist. An die Gartenseite des Hauses schließt sich eine größere, mit Weinstöcken bepflanzte Laube an. Unter anderen steht dort auch ein Sämling einer japanischen Weinsorte, 1901 gezogen. Dieser entwickelte ein so ungeheueres Wachstum, daß er seine Nachbarn schon 1906 völlig zu ersticken drohte, besonders seinen unmittelbaren Nachbar, einen unter ganz gleichen Lebensbedingungen stehenden Palästinawein. Um dies zu verhindern, wurden im Frühjahr 1907 dem Japaner alle unteren Knospen weggedrückt: er sollte lediglich auf das von den anderen Sorten noch nicht erreichte Dach der Laube beschränkt bleiben Die Seitenwand sollte an dieser Stelle der Palästinarebe vorbehalten bleiben und häufige Versuche des Japaners, auch die Seitenwand wieder zu erobern, wurden fortgesetzt gewaltsam unterdrückt, was bei der großen Verschiedenheit der Blätter der beiden Weinsorten leicht angängig war.

Da fiel dem Beobachter eines Tages zwischen den Blättern der Palästinarebe ein junger Trieb auf, der es für eine solche gar zu eilig mit dem Wachsen hatte. Bei genauer Untersuchung entpuppte er sich denn auch als ein unter falscher Flagge segelnder Japaner. Dieser hatte sich Blätter zugelegt, die denen des Nachbars aufs Haar glichen. Besonders waren die charakteristischen tiefen Einschnitte täuschend nachgeahmt. Auch die Größe war übereinstimmend, während normale Japanblätter bedeutend größer sind als Blätter der Palästinarebe. Weiter hinauf fand sich noch eine zweite Rute, die mittels derselben Vorspiegelung falscher Tatsachen ihr Dasein fristete. Schupp war nun gespannt auf das Verhalten, das die Blätter nach Überschreiten der Grenze des unerlaubten Gebietes zeigen würden. Und sonderbar! Sobald die Spitze des Triebes auf dem Dache in das japanische Blätterdickicht eingedrungen war, kehrte die neuerscheinende Blattform sofort, und

*) Zeitschr. f. d. Ausbau d. Entwicklungslehre, Bd. III (1909), Heft 8—9.

zwar fast ohne Übergangsform, zur ursprünglichen Blattgestalt zurück. Ein ganz ähnliches Verhalten zeigte die Japanpflanze im Verlaufe der beiden folgenden Vegetationsperioden.

Es dürfte, so schließt der Beobachter mit Recht, wohl sehr schwierig sein, eine befriedigende Erklärung des Falles zu geben. Blinder Zufall ist angesichts des mehrfachen Auftretens der Abänderung ebenso ausgeschlossen wie gewöhnliche Heterophyllie, sonst müßten sich doch auch an anderen Zweigen Blätter verschiedener Form zeigen. Gewiß wäre es voreilig, ohne weiteres eine Deutung im Sinne der noch ganz jungen Pflanzenpsychologie zu geben, aber doch drängt sich einem unwillkürlich der Gedanke an psychische beziehungsweise intellektuelle Kräfte in der fraglichen Pflanze auf.

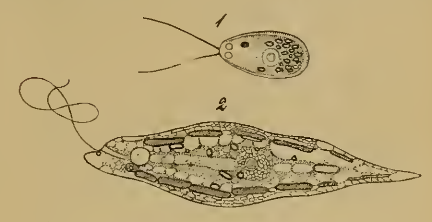
Während die botanische Wissenschaft, abgesehen von wenigen Vertretern, die eine Ausnahme bilden, der Annahme seelischer Vorgänge bei der Pflanze bisher zweifelnd oder ablehnend gegenüberstand, scheint nun allmählich eine Umkehr sich anzubahnen. Daß die Pflanze die verschiedensten Organe zur Wahrnehmung der Lichtverhältnisse, der Berührung seitens fremder Gegenstände, der zu- oder abnehmenden Wärme, ihrer Lage im Raume usw. besitzt, genau wie auch die niedersten tierischen Lebewesen, das ist allerdings seit 100 Jahren in immer wachsendem Umfange erkannt und anerkannt worden. Der Schluß jedoch, daß auch dem Innenleben des Tieres ein solches der Pflanze entspreche, wurde meistens abgelehnt und Forscher, wie z. B. R. Francé, die diesen Schluß zu ziehen wagten, mußten sich den Vorwurf der Phantasterei und Unwissenschaftlichkeit gefallen lassen.

Nun hat der Prager Physiologe A. Steinach*) kürzlich eine Entdeckung gemacht, die einen großen Schritt vorwärts auf dem Wege zur „Pflanzenseele" bedeutet. Er entdeckte auch bei den Pflanzen, sowohl bei den höheren Blütenpflanzen wie bei den einzelligen, das Vermögen, wiederholte, aber geringfügige Reize zu summieren, eine Fähigkeit, die man bisher für eine spezifische Eigentümlichkeit der menschlichen Ganglienzellen gehalten hat. Nach seinen umfangreichen Untersuchungen ist das Vermögen, auf solche Reize, die einzeln unwirksam sind, bei mehrfacher Wiederholung in irgend einer Weise zu reagieren, eine allgemein verbreitete Lebenserscheinung, die sich bei vielen und ganz verschiedenartigen Substanzen in einer ungleich mächtigeren Ausbildung vorfindet als bei jenen Gebilden, bei denen sie entdeckt und anfänglich für eine spezifische Eigenschaft gehalten worden ist, nämlich bei den zelligen Elementen des Nervensystems, insbesondere den motorischen Ganglien. Im Pflanzenreiche wurde diese Eigenschaft festgestellt an einzelligen Organismen, wie Euglena viridis, den Chlorophyllkörpern von Spirogyra, gewissen Zellen der Mimose und Berberitze. Der bei den sehr fein und sorgfältig angelegten Versuchen benützte Reiz bestand aus einem schwachen elektrischen (Induktions-) Schlag.

In seinen „Beiträgen zur Biologie der Pflanzen" berichtet E. Pringsheim, daß nach seiner Beobachtung ein Keimling, den man plötzlich durch einen Spalt des Versuchskastens mit so hellem Licht überflutet, daß er dadurch geschädigt werden kann, infolgedessen eine negative, d. h. aus dem Lichtbereiche herausführende Krümmung ausführt, im Dunkel dann seine Oberfläche verstärkt und mehr Chlorophyll ausbildet; dann wächst er ungescheut in die Lichtzone, die ihm nun nicht mehr schadet, hinein. Angesichts eines solchen Vorganges wird man, wie Prof. Francé sagt, keineswegs behaupten können, daß die Pflanze weniger befähigt und ausgerüstet sei, den Kampf mit dem Leben aufzunehmen, wie das agilste Tier.

*) Archiv f. die gesamte Physiol. (Pflüger), Bd. 125, Heft 5—7.

Das Empfindungsvermögen für Lichtreize scheint im Pflanzen- wie im Tierreiche in erster Linie zu stehen. Es ist nicht nur das Empfinden für verschiedenartige Lichtstrahlen abgestimmt, es sind auch Lichtsinnesorgane für ganz bestimmte Zwecke vorhanden. Professor G. Haberlandt fand zum Beispiel, daß die kegelförmigen Epidermiszellen der „samtblätterigen" Pflanzen eine Anpassung an dauernde Benetzung darstellen, die an den natürlichen Standorten dieser Pflanzen, im tropischen Regenwalde, so häufig eintritt. Indem die abgerundeten Kuppen dieser Zellen, sozusagen die Augen der Pflanzen, inselgleich aus der das Blatt bedeckenden Wasserschicht hervorragen und wie bei den unbedeckten Blättern als Sammellinsen wirken, wird auch das dauernd benetzte Samtblatt in stand gesetzt, die Lichtrichtung wahrzunehmen und ihr zu folgen.



1. Polytoma-Alge mit rotem Stigma im Vorderende der Zelle.
2. Euglena-Alge mit Augenfleck im Vorderende.

Ein sehr geeignetes Objekt zur Untersuchung des pflanzlichen Lichtempfindungsvermögens hat R. H. Francé in den Algen entdeckt; einzellige Algen und Schwärmer eignen sich vor allem deshalb gut zu solchen Untersuchungen, weil sie befähigt sind, auf Lichtreize durch unmittelbar sichtbare Bewegungen zu reagieren. In einem Werke über „Die Lichtsinnesorgane der Algen" und in einem Aufsatze über die Sinnesorganfunktion der Augenflecke bei Algen*) hat Prof. Francé die Ergebnisse seiner auf einer großen Zahl von Beobachtungen beruhenden Versuche dargelegt.

Die Algen Polytoma und Euglena reagieren auf mäßig starke Lichtreize durch beschleunigte Richtungsbewegungen nach der Lichtquelle zu. Ins Dunkel geraten, vollführen sie so lange suchende Bewegungen, bis sie erleuchtete Stellen erreichen. Vor sehr starker Beleuchtung weichen sie jedoch zurück und verstehen sie zu umgehen und zu

*) Archiv für Hydrobiologie, Bd. IV, Heft 1.

fliehen. Ruhende Euglenen werden durch starke Beleuchtung beweglich. Es lassen sich künstlich Umstimmungen erzielen, wobei dieselbe Zelle im Verlaufe weniger Minuten mäßige Helligkeit der Dunkelheit vorzieht, ihre Bewegungen aber sofort rückläufig macht, sobald sie an Stellen mit direktem Sonnenlicht gelangt. Alle diese Bewegungen sind je nach der Art der Alge, der Lebenslage, dem Alter, der Farbe des Lichtes verschieden. Sie verlaufen jedoch niemals automatisch, sondern dieselbe Zelle beantwortet den Reiz je nach der jemals gegebenen Sachlage in freier Kombination verschieden. Sie reagiert nicht mit unfehlbarer Sicherheit, sondern oft suchend, irrend, unzulänglich, die Teleologie*) ihrer Rückäußerung oft nur durch die in ihr stets kundgegebene Zielstrebigkeit verratend. Sie reagiert aber immerhin so, daß sie bei Euglena in 75·8 Prozent, bei Polytoma in 78·4 Prozent der Reizwirkungen ihr Ziel erreicht, also so oft, daß das Teleologische ihrer Reaktion unzweifelhaft ist. Diese Ergebnisse wurden durch die Untersuchung mehrerer Hundert Polytoma- und Euglenazellen von verschiedener Lebenslage, vielen Fundorten zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten im Laufe zweier Jahre gewonnen.

Dabei ergab sich über die bisher bekannten Tatsachen hinaus, daß die Bewegungen gewisser frei schwimmender und kriechender Algen auf Lichtreize nicht nur zielstrebig, also teleologisch verlaufen, sondern weit über das Automatenhafte einfacher Reflexe sich erhebend gewissermaßen frei kombinierte Reflexe darstellen, die parallel der Abänderung der Reizbedingungen auch sich abändernd verlaufen. Sie stellen mithin Reizantworten oder, besser gesagt, Reizverwertungen dar.

Was nun das Lichtwahrnehmungsorgan selbst betrifft, so stellte Prof. Francé fest, daß der jetzt so genannte „Augenfleck" nur einen Teil des gesamten Apparats bildet. Auch die Chromatophoren scheinen zur Lichtwahrnehmung geeignet zu sein und der lichtempfindlichste Teil ist die feinkörnige Plasmamasse zwischen dem Stigma und dem Mundtrichter. Diese Stelle ist zugleich das bewegende Zentrum für die Geißelbewegungen; hier ist jene Kinoplasmaansammlung, deren Bedeutung als Zilienbildner**) und regulatorisches Zentrum der Zilienbewegung bei Schwärmsporen und pflanzlichen Spermatozoiden neuerdings klargelegt ist. In der Zoologie sind diese Gebilde in Flimmerzellen wohlbekannt als „Basalkörperchen", die von namhaften Forschern direkt als Bewegungszentren der Zilien bezeichnet werden.

Ein solches „Basalkörperchen" ist in Form einer kinoplasmatischen Ansammlung auch bei den Euglenen zwischen Geißelansatz und Augenfleck vorhanden; die schärfsten Rückwirkungen auf Beleuchtung hin erfolgen dann, wenn diese Stelle beleuchtet wird. Dieses Bewegungsplasma steht bei Euglena durch Strahlungen in direkter Verbindung mit dem Zellkern. Diese Strahlungen im Innern der Zelle machen oft den Eindruck einer soliden Verbindung zwischen dem Zellkern und dem Bewegungszentrum.

Mit vollem Rechte, so schließt Francé, dürfen wir von nun an den Augenfleck der Flagellaten, Volvozineen und Schwärmsporen als Teil ihres lichtempfindlichen Apparats betrachten. Damit sind die Analogien zwischen tierischer und pflanzlicher Sinnesphysiologie wieder wesentlich verstärkt.

Über die Abhängigkeit des Lebens und Wohlseins der Pflanze vom Lichte hat Prof. J. Wiesner***) eine seine früheren Forschungen zusammenfassende und durch neue Beobachtungen ergänzte große Darstellung veröffentlicht. Die Untersuchungen berücksichtigen nicht so sehr die Lichtmengen, die für einzelne Lebensvorgänge der Pflanze nötig, wichtig oder schädlich sind, als die Grenzen der Lichtstärke, innerhalb deren das Leben der Pflanze als Ganzes sich abspielt. Die Lichtmessungsmethoden, deren der Verfasser sich bedient, um festzustellen, welche Lichtmenge der Pflanze an einem bestimmten Standorte zukommt, übergehen wir. Unter den Lichtquellen hat das indirekte (diffuse) Licht für die Pflanze eine weit größere Bedeutung als das direkte Sonnenlicht, das ja häufig wochenlang fehlt, während diffuses Licht bei Tage stets auf die Pflanze wirkt. Je nach dem Einfallen des Lichtes kann man unterscheiden Oberlicht, das auf die Horizontalfläche, Vorderlicht, das auf die Vertikalfläche auffallende Licht, Unterlicht, das vom Boden oder Wasser reflektiert wird, und Hinterlicht, das bei verschieden starker seitlicher Beleuchtung, z. B. wenn die Pflanze vor einer Mauer steht, von rückwärts kommt.

Der Augenschein kann über die Beleuchtungsverhältnisse sehr täuschen, deshalb sind exakte Lichtmessungen durchaus nötig. An einem von der Sonne voll beleuchteten Waldesrand scheinen die Bäume der gleichen Lichtstärke ausgesetzt zu sein wie frei stehende Gewächse; und doch fand Wiesner, daß am Südostrande eines noch unbelaubten, hochstämmigen Roßkastanienbestandes die Intensität nur 0·299 betrug, während die des gesamten Tageslichtes = 0·427 war. Im belaubten Walde tritt das noch stärker hervor. Die höchsten Lichtintensitäten fallen nicht mit den Gebieten üppigster Vegetation zusammen, sonst müßte die Steppenflora die üppigste sein. Hier, wo die größten Summen an Licht verschwenderisch ausgegossen werden, hat das Laub, dem Übermaß entsprechend, keine besondere, für die Ausnützung des Lichtes berechnete Blattstellung. In den Gebieten mittlerer Lichtstärke wird dagegen die Pflanze ökonomisch und zeigt demgemäß auch einen besonderen Bau. Auch das Unterlicht kann gegebenenfalls durch besondere Anpassung ausgenützt werden.

Wenn auch die Knospen aller sommergrünen Bäume unter der Wirkung des zerstreuten Tageslichtes allein zur vollen Entwicklung kommen, so wird die Belaubung doch durch das direkte Sonnenlicht beschleunigt und gekräftigt. Vor allem die Pflanzen des arktischen und der alpinen Gebiete sowie die freistehenden Pflanzen unserer Frühlings-

*) Die Ansicht, daß dem Streben oder der Lebensäußerung ein bestimmter Zweck zu Grunde liege.

**) Chromatophoren = farbstoffhaltige Zellen oder Organe; Kinoplasma = die Bewegung regelndes Plasma; Zilien = Wimpern oder Geißelhärchen.

***) Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1908 (Ref. Naturw. Rundsch., XXIV, Nr. 7). Vortrag über dasselbe Thema, Naturw. Rundsch., XXIV, Nr. 39 und 40.

flora ziehen Nutzen aus der direkten Besonnung. Für die Lichtraumnützung an der einzelnen Pflanze ist die Blattstellung der beste Gradmesser. Bei den großen Bäumen werden die Verhältnisse der Lichtökonomie verwickelter, weil hier, z. B. in der Kronenbildung, der Kronenform usw., neben den erworbenen auch die ererbten Eigentümlichkeiten der Baumart mitsprechen. Bezeichnet man eine um die Krone des Baumes gedachte, diese berührende Fläche, die das Maß für die gesamte der Pflanze zufließende Lichtmenge bildet, als die maximale Lichtfläche, so ist diese bei der typischen Kronenbildung meist größer als die Gesamtblattfläche des Baumes; überdies vermag das durch ein Blatt hindurchgelassene Licht nachweislich keine physiologische Wirkung auf weitere Blätter auszuüben. Für die große Gruppe der Holzpflanzen zeigt sich abhängig vom Lichtgenusse eine Reihe gemeinsamer biologischer Eigentümlichkeiten, so z. B. die Zweigverminderung innerhalb der Krone infolge der Abnahme der Lichtstärke in ihr. Diese Reduktion ist beträchtlich; eine hundertjährige Eiche müßte, wenn sie an jedem Sproß jährlich nur ein System von Achselsprossen bildet, 99 Zweigordnungen haben, während sie nur 5 bis 6 besitzt. Die Baumarten unserer Flora weisen verschiedene Maxima von Zweigordnungszahlen auf, die Lärche z. B. 3 bis 4, die Pappel 5, die Roßkastanie 6, die Ulme 7, die Buche 8. Solche Herabsetzung der möglichen Ziffer wird in verschiedener Weise, durch Hinderung der Laubentfaltung, Schluß von Endknospen u. a., herbeigeführt.

Aus der Tierwelt.

(Zoologie.)

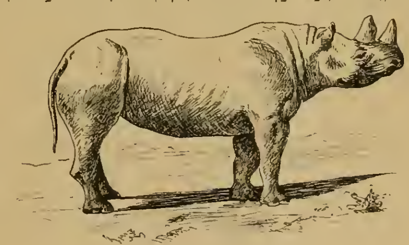
Von Säugetieren. * Aus der Vogelwelt. * Das Vogelauge. * Meeresbewohner. * Aus dem Insektenleben.

Von Säugetieren.

Daß unter den Tieren die riesigen Formen der Gefahr des Aussterbens am leichtesten unterliegen, zeigen uns die großen Säuger sowohl der Tropen wie der Polarwelt. Bis vor kurzem hielt man z. B. das sogenannte weiße Nashorn (Rhinoceros simus) für nahezu ausgestorben, einige von der englischen Regierung in einem Winkel Südafrikas unter Schutz gestellte Exemplare sollten die letzten sein. Anfang 1908 ist jedoch eine schon früher beobachtete Herde dieser seltenen Art von dem Engländer Powell-Cotton zwischen dem Nil und dem Tsadsee, in einer Gegend, wo man ihr Vorkommen früher nicht vermutete, wieder aufgefunden worden.

Diese Rhinozerosart ist nach Trouessart*) deshalb von großem Interesse, weil an sie die Sage der Alten vom „Einhorn" anknüpft. Allerdings hat auch das weiße Nashorn zwei Hörner; aber das vordere ist bedeutend stärker und länger und das hintere kann durch einen verhornten Knoten ersetzt sein oder ganz fehlen. Daher kommt es wohl, daß die im Sudan handeltreibenden Araber vom weißen Rhinozeros anscheinend nur das eine Horn kannten. Das Tier ist beträchtlich größer als das gewöhnliche afrikanische Nashorn, das am Widerrist selten mehr als 1·70 Meter Höhe erreicht, während ersteres bis 2·20 Meter hoch wird. Den auffallendsten Unterschied von den anderen Arten weist es hinsichtlich des Maules auf. Dieses besitzt nicht die dreieckige rüsselförmige Oberlippe des afrikanischen (Rh. bicornis) und der asiatischen Nashörner, sondern ist vorn viereckig abgestutzt und die Nasenlöcher sind sehr nach außen und auseinander gerückt.

Diese Ausbildung steht im Zusammenhange mit der Lebensweise des panzerlosen friedlichen Tieres. Während sein gepanzerter Vetter (Rh. bicornis) von Laubwerk, von Wurzeln und Knollen lebt, die es mit seinem Vorderhorn ausgräbt und mit der Oberlippe ergreift, nährt sich das weiße Rhinozeros ausschließlich von Gras und Kräutern. Die Verschiedenheit der Lebensweise scheint sich auch im Charakter der Tiere wiederzuspiegeln. Das zweihörnige Nashorn ist scheu und aufgeregt, durchstreift



Weißes afrikanisches Rhinozeros.

unablässig die Waldungen und greift den Menschen auch ungereizt an; das weiße dagegen ist ruhig und träge, schläft fast den ganzen Tag im Schatten und geht erst abends auf die Weide und zur Tränke. Seinen Namen erhielt es wahrscheinlich deshalb, weil die ersten Beobachter es von fern im Sonnenschein sahen, als es, mit weißlichem Schlamm bedeckt, einem Sumpfbade entstieg, und diese Bedeckung für seine natürliche Farbe hielten.

Das weiße Rhinozeros ist leicht zu erlegen, denn sein Gesicht ist schlecht, auch wenn es nicht durch das Horn behindert ist; nur muß sich der Jäger hinter dem Winde halten, denn es besitzt eine gute Witterung. Auch soll ein bestimmter Vogel, eine Art Madenhacker (Buphaga), ihm bei nahen-

*) Compt. rend. t. 147, p. 1532 ff.; Die Umschau XIII, Nr. 26; Abbild. von Hörnern und Schädel, s. Jahrb. IV, S. 193.

der Gefahr ein Zeichen geben, indem er seinen Kopf umflattert. Einen merkwürdigen Gebrauch machen die Weibchen von ihrem Horn. Wenn sie Junge haben und flüchten, treiben sie diese vor sich her und stoßen ihnen dabei fortwährend das Horn in die Flanken, um die Richtung anzudeuten. Weil dieses Horn weit länger und auch viel schöner ist als das des grabenden Bicornis, wurde es im



Moschusochse.

Mittelalter besonders hoch geschätzt und war das unbestrittene „Einhorn", bis der Stoßzahn des arktischen Narwal ihm, wie aus mittelalterlichen Bildern ersichtlich ist, Konkurrenz machte.

Wenden wir uns von den Tropen zur Polarzone, so treffen wir hier ein wichtiges Charaktertier der Diluvialzeit, den Moschusochsen, der sich im höchsten Norden bis auf die Gegenwart erhalten hat und hie und da als zoologische Seltenheit auch in unseren „Zoos" zu finden ist. Er kam, wie R. Kowarzik*) nachweist, im Diluvium Europas und Asiens in zwei Formen vor, die Extreme ohne deutlichen Übergang darstellen. Eine von ihnen gleicht dem jetzigen Ovibos moschatus der arktischen Gegenden, die andere weicht von ihm ab.

Die Ursachen der Entstehung dieser beiden diluvialen Arten sieht Kowarzik in den sehr ausgedehnten Wanderungen, die das Tier, ein richtiger Weltenbummler, unter dem Antriebe der Eiszeit ausführen mußte. Diese Wanderung ging in zwei Abschnitten vor sich. Beim Einbruche der Eiszeit wich der Moschusochse aus dem äußersten Osten Asiens und wandte sich größtenteils nach Rußland, Deutschland und Frankreich. Das Endresultat dieser Wanderung war der fossile Moschusochse (Ovibos fossilis), der in Anpassung an das kalte Klima ein dichtes Haarkleid und, als Anpassung wiederum an letzteres, vorspringende, fast röhrenförmige Augenhöhlen erwarb. Mit dem Weichen des Eises begann die zweite Phase der Wanderung, die Jahrtausende dauerte und die Tiere bis an die äußerste Spitze Ostasiens zurückführte. Von hier gingen sie über die Behringstraße nach Nordamerika, wo sie als Ovibos moschatus mackenzianus noch die Umgegend des Mackenzieflusses bewohnen.

Auch W. Staudinger, der diese „wandelnden Fossilien" im Diluvium Deutschlands untersucht hat,*) fand, daß sie nicht alle zu der heutigen typischen Art gehören. Einige Reste sind einer anderen primitiveren Gattung zuzuschreiben, die er Praeovibos nennt und dessen Reste er der Zeit vor der zweiten (Mindel-)Eiszeit zuschreibt.

Daß bei einem so bekannten Säugetier, wie die Hauskatze, noch Entdeckungen zu machen sind, muß eigentlich Erstaunen erregen. Prof. F. Fritz fand am Unterarm der Katze eine Art Sinnesapparat, der nicht nur bei anderen Raubtieren, sondern auch bei Nagern, Zahnarmen, Halbaffen u. a. schon bekannt, bei unserer Miez aber bisher offenbar übersehen war. Dieser Sinnesapparat, das sogenannte Carpale vibrissae, besteht aus ein paar langen steifen Spürhaaren, die in der Nähe des Handwurzelgelenkes in einem reichlich mit Nervenenden ausgestatteten Hautfelde wurzeln. Sie sind hauptsächlich bei Tieren vorhanden, die ihre Nahrung mit den Vorderfüßen festhalten oder die klettern und schleichen, fehlen allerdings bei den echten Affen, deren Handflächen und Finger ja ein sehr feines Greif- und Tastorgan darstellen, und merkwürdigerweise auch beim Hunde.

Hier wäre der Ort, auf eine soeben erschienene schöne Monographie W. Schusters: „Die Hauskatze. Abstammungsgeschichte, Lebensweise und Charaktereigenschaften" aufmerksam zu machen.**) Wir finden darin u. a. auch die stummelschwänzigen Katzen Südostasiens erwähnt, eine Rasse, die merkwürdigerweise auch auf der Kanalinsel Man wiederkehrt, wahrscheinlich ohne mit der asiatischen irgendwie verwandt zu sein.

Eine sehr interessante Untersuchung stellt Dr. Max Hilzheimer***) über die Frage an, ob inselbewohnende Säugetiere zu einer Abnahme der Körpergröße neigen. Prof. Frech glaubte „an der lebenden Tierwelt das allgemeine Gesetz zu beobachten, daß die Inselsäugetiere stets kleiner sind als die verwandten Formen des gegenüberliegenden Festlandes, von dem die Inseln abgetrennt wurden". Hilzheimer prüft dieses „Gesetz" auf seine Richtigkeit zunächst an der japanischen Säugetierfauna und an dem Inseltiger.



Schwanzlose Katze der Insel Man.

*) Zool. Anzeiger, XXXIII, S. 857.

*) Zentralbl. f. Miner., Geol. u. Pal. 1908, S. 481.

**) Monographien unserer Haustiere, Bd. II. Kosmos, Stuttgart.

***) Archiv f. Rassen- u. Gesellsch.-Biologie, VI. Jahrg. (1909), Heft 3.

Bei ersterer kommen zunächst der Jessobär (Ursus yessoensis) und der Japanbär (U. japonicus) in Betracht. Ersterer, wenn auch vielleicht hinter dem Behringsbären, einem der größten Landbären überhaupt, etwas zurückstehend, zählt doch auch zu den größten Bären, was sowohl aus Messungen hervorgeht als auch aus der Tatsache, daß ältere Autoren ihn oft mit dem Grißlybären, dem riesigen Nordamerikaner, verglichen haben. Der Japanbär, den man mit dem schwarzen tibetanischen Halsbandbären zusammenbringt, ist durchaus nicht kleiner als letzterer, ebenso wie der wahrscheinlich das Bindeglied zwischen beiden bildende Formosabär. Die Bären können also nach Dr. Hilzheimer nicht als Beweis dafür gelten, daß Inseltiere kleiner als die verwandten Festlandstiere seien.

Was den Inseltiger Südostasiens, der häufig als Beispiel für die geringere Größe der Inselformen angeführt wird, anbelangt, so ist auch er keineswegs kleiner als die Formen des gegenüberliegenden Festlandes. Festlandstiger können nach den von Hilzheimer ausgeführten Messungen mit ihren niedrigsten Maßen sogar unter die Inseltiger herabgehen. Anscheinend können aber auf dem Festlande Männchen zwar größer werden als auf Inseln, nicht aber die Weibchen, d. h. es herrscht unter den Festlandstigern ein größerer Geschlechtsdimorphismus als bei den Inseltigern, und so wäre denn der Unterschied in der Größe zwischen den beiden Formen zu verstehen.

Mit dem Nachweise, daß die japanischen Tiere nicht kleiner sind als die Verwandten des Festlandes, ist die allgemeine Gültigkeit des Satzes von der Kleinheit der Inselformen schon stark erschüttert; auch der Umstand, daß die Fauna Englands durchaus nicht kleiner ist als die des gegenüberliegenden Festlandes, spricht gegen die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes. Dennoch scheinen die vielen Zwergformen, die auf Inseln vorkommen, wenigstens den Schluß zuzulassen, daß in diesem Falle die geringe Körpergröße die Folge vom Leben auf Inseln ist. Einige Beispiele dafür sind die ausgestorbenen Zwergelefanten und Zwergnilpferde der Mittelmeerinseln, ferner ein Zwergnilpferd von Madagaskar und der Mittelmeerhirsch (Cervus mediterraneus) von Sardinien und Korsika.

Aber gibt es denn nur auf Inseln Zwergformen? Diese Frage ist strikt zu verneinen. Noch jetzt lebt ein Zwergnilpferd in Liberia, ein Zwergelefant am Kongo, wobei wir uns zugleich an die zentralafrikanischen Zwergvölker erinnern. Das kleinste Schwein, Porcula, lebt auf dem größten Kontinent, Asien, und das kleinste Säugetier, die Spitzmaus Crocidura etrusca, nicht auf einer Insel, sondern in Norditalien. Auch der Inselwolf Siziliens ist keineswegs immer kleiner als der Festlandswolf, denn es gibt auch auf dem Kontinent kleine Wölfe. Der Wolf bildet eben Rassen, die in einer Gegend groß, in einer anderen klein sind. Nicht mit einem beliebig ausgewählten Exemplar des Festlandes darf man also die Inselform vergleichen, sondern man muß stets die ganze Variationsbreite der Art im Auge behalten. So darf man z. B. den von Frech zum Beweise herangezogenen sardinischen Hirsch nicht mit dem europäischen in Parallele stellen; denn der nächste kontinentale Verwandte des Sardiniers ist der afrikanische Berberhirsch. Mit diesem stimmt er in Körpergröße und Farbe so überein, daß viele Forscher meinen, der sardinische Hirsch sei nur zu Sportzwecken von früheren sardinischen Fürsten aus Afrika eingeführt worden.

Nach weiteren von Hilzheimer aufgeführten Beispielen scheint das westliche Mittelmeergebiet, auch das Festlandsgebiet, eine Gegend zu sein, die nur im Vergleiche mit ihren anderwärts lebenden Verwandten kleine Säugetiere beherbergt. Ein zweites Gebiet kleinster Säugetiere ist Südostasien, umgrenzt von Vorderindien, dem Himalaja und dessen östlicher Verlängerung bis Formosa. Doch liegen die Verhältnisse hier nicht so einfach wie im westlichen Mittelmeergebiete, da wir hier auch das größte Säugetier, den Elefanten, den größten aller fliegenden Hunde (Pteropus edulis), und zwar ausschließlich auf Inseln, und neben dem kleinsten Menschenaffen (Hylobates, Gibbon) auch den größten, den Orang-Utan, finden. Es scheint hier ein Rückzugsgebiet altertümlicher Formen vorzuliegen, wie dies erst kürzlich Simroth ganz besonders scharf in seiner Pendulationstheorie gezeigt hat.

Es kommen also auch Riesenformen auf Inseln vor, die soeben genannten Beispiele sind nicht die einzigen. Wenn nun Prof. Frech meint, daß diese Riesentiere sich nicht auf den Inseln als solche entwickelt haben können, so gilt etwas Ähnliches von den Zwergformen: auch diese konnten sich, wenigstens aus großen, nicht auf Inseln herausbilden. Gibt es doch auch auf den Kontinenten Zwergrassen, Ponys, Zwergrinder, Zwerghunde, welch letztere nach Prof. Studers Untersuchungen nur konstant gewordene Jugendformen der großen Hunde sind. Wer also solche Zwerge hervorbringen wollte, konnte dies nicht, indem er die Größe der Hunde allmählich, etwa durch Zuchtwahl, verringerte, sondern er mußte Jugendstadien festzuhalten suchen.

Dies ist bisher der einzige bewiesene Weg, wie aus großen Formen Zwergformen geworden sind; eine Entstehung von Zwergen aus Riesen durch allmähliche Abnahme der Körpergröße hält Dr. Hilzheimer überhaupt für ausgeschlossen. Die Riesenformen entwickeln sich allerdings, wie vielfache Beispiele zeigen, aus kleineren Arten; wenn sie aber am Ende der Entwicklung stehen, so ist es gänzlich unmöglich, daß sich aus ihnen wieder Zwergformen entwickeln; eher läßt sich annehmen, daß die Größenzunahme den Keim des Aussterbens in sich trägt.

Alles dies weist vielleicht darauf hin, daß auf Inseln überhaupt keine Weiterentwicklung, weder nach der Riesen- noch nach der Zwergseite hin, stattfindet, daß aber das isolierte Leben auf einer Insel wenigstens für die größeren Formen schneller zum Aussterben führt als auf Kontinenten. Auf die Reptilien will Prof. Frech selbst das Gesetz von der Kleinheit der Inselformen nicht angewendet wissen und da auf einigen Inseln sehr große Schmetterlinge leben, so scheint es ein solches allgemeines Gesetz überhaupt nicht zu geben.

Über die nordafrikanischen Schakale, über ihr Verhältnis zu den Haushunden, insbesondere zu nordafrikanischen und altägyptischen Hunderassen hat Dr. M. Hilzheimer eingehende Untersuchungen angestellt, die deutlich zeigen, wie unvollkommen infolge der Schwierigkeit des Materials unsere Kenntnisse über diese Fragen noch sind.*) Es hat sich dabei zunächst herausgestellt, daß es wahrscheinlich in Nordafrika viel mehr verschiedene Schakalarten gibt, als bisher angenommen wurde. Zur Erkennung dieser Arten scheint der Balg untauglich zu sein, da er bei den Hunden überhaupt große Abänderungen sowohl bei den Individuen als auch nach Jahreszeit und Altersstufe zeigt. An den Schädeln dagegen lassen sich trotz gelegentlicher Variationen innerhalb der einzelnen Arten die Mitglieder der betreffenden Art mit Sicherheit feststellen, abgesehen von einigen unsicheren Schädeln, die entweder neuen Arten oder Kreuzungen angehören oder abnormer Natur sind.

Obwohl die verschiedenen Schakalarten große Abweichungen voneinander zeigen, so lassen sie doch eine engere verwandtschaftliche Zusammengehörigkeit erkennen, die es erlaubt, sie zu einer Untergattung (von Oken als Subspezies Thos bezeichnet) zusammenzufassen. Doch sind sie von den anderen verwandten Hundeartigen (Caniden) nicht so scharf und deutlich geschieden, daß man eine eigene Gattung aus ihnen bilden könnte. Vielmehr scheinen alle Caniden mit 42 Zähnen eine einheitliche Reihe zu bilden, in der man nur Untergattungen trennen kann.

Die Untergattung Thos ist auf Nordafrika etwa bis zum fünften Grade, auf das südliche Asien und das südöstliche Europa beschränkt. Nördlich und südlich davon wird sie durch andere, mit Stirnhöhlen versehene Vertreter der Gattung Canis ersetzt, die aber vielfach weit in ihr Gebiet hineinreichen. Hilzheimer beschreibt eingehend zehn Arten nordafrikanischer Schakale der Untergattung Thos; es liegt nach seiner Ansicht kein Grund vor, den Schakal von der Stammvaterschaft der Haushunde auszuschließen, wie man das mit dem Fuchse tun muß. Doch sind auch nicht alle von ihm beschriebenen Schakale Vorfahren irgendwelcher Haushunde geworden, nur für vier Arten liegt die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit der Zähmung zu Haustieren vor. Vieles deutet darauf hin, daß die alten Ägypter diese Zähmung vorgenommen haben; deren Hunderassen scheinen auch im heutigen Afrika noch Nachkommen zu besitzen, ob sie auch außerhalb des Erdteiles noch verbreitet sind, wagt Hilzheimer vorläufig nicht zu entscheiden. Sicher sind dagegen in neuerer Zeit nach Afrika Hunderassen nördlichen Ursprunges gekommen. Auch die alten Ägypter mögen schon fremde Hunderassen importiert haben, was Hilzheimer nach dem ihm vorliegenden Material gleichfalls unentschieden lassen will.

Wie verweichlichend die Domestikation auf die Nachkommen der Wölfe und Schakale, unsere Haushunde, gewirkt hat, zeigt eine Beobachtung Leslie Mainlands, aus dem Londoner Zoologischen Garten. Da die jungen Wölfe in Tiergärten nur selten gedeihen, wenn sie ihren Müttern überlassen werden, so werden sie in London von Hündinnen als Nährmüttern großgezogen. Dabei ist es interessant zu beobachten, wie die kleinen Wölfe ungleich kräftiger sind, als die um einige Wochen älteren kleinen Hunde. Die Jahrhunderte häuslicher Zähmung haben die Hunderassen so „verweichlicht“, daß eines der spitzköpfigen dunkelhaarigen Wolfsjungen es mit einem doppelt so großen jungen Hunde siegesgewiß aufnehmen kann. Neben den Wölfen spielt jetzt eine lustige Familie kleiner Schakale, auch sie stehen unter der Obhut einer Nährmutter, als welche eine Colliehündin fungiert. Die Schakalmutter hat schon zweimal das herbe Schicksal erlebt, ihre kleinen Jungen dahinsterben zu sehen; in beiden Fällen starben die kleinen Schakale an einer Hautkrankheit. Die Schakalmutter hatte vor einigen Tagen bei ihrem Mahl sich so seltsam benommen, daß man sie chloroformierte, um eine Untersuchung vorzunehmen. Dabei zeigte es sich, daß sie — ein Zufall der Natur — keine Zunge besaß. Sie war also nicht im stande, ihren Jungen die Garderobe in Ordnung zu halten, d. h. den Pelz zu lecken, und trotz ihrer verzweifelten Versuche, dies zu tun, starben die kleinen Schakale an Hautkrankheiten. Selbst Naturkundigen dürfte die Wichtigkeit dieser mütterlichen Sorge für die Reinlichkeit ihrer Kleinen nur wenig bekannt sein.

*) Zoologica, Heft 53 (XX. Band, 5. u. 6. Lfg.) 1908.

Aus der Vogelwelt.

Von zusammenfassenden Arbeiten über gewisse Lebensäußerungen unserer gefiederten Freunde ist zunächst eine Untersuchung von Fritz Braun über den Gesang der Vögel anzuführen.*)

Seine Hauptrolle spielt der Gesang in der Brunst und in den Erscheinungen des Werbens. Außerhalb der Brunstzeit findet er fast ausschließlich spielend statt. Jedes Spiel erfolgt nur, wenn das Allgemeinbefinden des Tieres durch Gesundheit, Wärme, Sonnenschein usw. gehoben erscheint. Selbst die jungen Vögel, oft noch nackt, blind und unbehilflich, singen zuweilen schon, um sich zu unterhalten. Wie das Kind mit der Puppe spielt, ohne an zukünftige Mutterschaft zu denken, so singt auch der kleine Vogel nur des Spieles wegen.

Davon abgesehen singen aber viele Vögel nur zur Zeit der Fortpflanzung. Gerade die besten Sänger lassen sich nur während einer scharf umrissenen Zeit des Jahres hören. Durch zweckentsprechende Kost kann man unter Umständen zu rechter Zeit den vollen Gesang schier über Nacht hervorrufen: doch wohl ein wichtiger Hinweis darauf, daß die von manchen Forschern betonte geistige Selbständigkeit der Vögel dabei nicht allzu groß sein dürfte, daß der schallende Gesang vielmehr als die notwendige Folge körperlicher Veränderungen und Vorgänge aufgefaßt werden muß. Bei anderen Arten, die während des ganzen Jahres — abgesehen von der Mauserzeit — singen, scheint der Gesang zu einer Art Verständigungsmittel, ähn-

*) 30. Bericht des Westpr. Bot.-Zool. Vereins, Danzig 1908; Referat Naturw. Rundsch., 1909, Nr. 18. Journal f. Ornith., LVII (1909), Heft 2.

lich dem Locktone, herabgesunken zu sein. Während der Brunstzeit ist der Gesang, wie Altum nachgewiesen hat, als Paarungsruf zu betrachten, einmal um die Weibchen anzulocken, sodann um die Sprödigkeit des Weibchens zu besiegen und endlich um zu verhindern, daß andere Pärchen der Art sich in demselben Revier ansiedeln, da sonst eine heftige Konkurrenz beim Erwerb der Nahrung erfolgen müßte.

Mindestens ebensosehr ist aber nach Brauns Ansicht der Gesang als Brunstgesang zur Abwehr anderer Männchen zu betrachten. Gerade bei den besten Sängern sind die Männchen in großer Überzahl vorhanden. Die nach erfolgter Paarung unbeweibt gebliebenen ziehen nun, wahrscheinlich durch den Geschlechtstrieb veranlaßt, unstät umher, suchen die glücklicheren Männchen, deren Lieder ihnen entgegentönen, auf und greifen sie heftig an. Gelingt es dem Eindringling, den rechtmäßigen Herrn des Nestes zu töten oder schwer zu verletzen, so nimmt er sofort, vom Weibchen geduldet, dessen Stelle ein. Auch in hochgradiger Erregung anderer Art, z. B. in großer Angst, lassen manche Vögel ihren Gesang ertönen.

Daß das singende Männchen nicht, wie manche meinen, während des Brütens das brütende Weibchen unterhalten will, beweist nach Altum der Umstand, daß dieser Gesang noch während des Brütens aufhört und während einer etwaigen zweiten und dritten Brütezeit gar nicht erschallt. Das brütende Weibchen ist auch durchaus nicht gelangweilt, sondern fühlt sogar ein besonderes Behagen an seiner Tätigkeit. Unsere Zugvögel singen auch während ihres Aufenthaltes in wärmeren Ländern nicht, sondern lassen dann nur den Lockruf hören. Ihr lautes Kampflied hätte dort gar keinen Sinn. Manche tropische, gesellig lebende Finken besitzen nur noch einen ganz verkümmerten (rudimentären) Gesang. Man hört ihn selbst in nächster Nähe nicht und sieht nur noch die Kehle des Tierchens vibrieren. Infolge ihrer geänderten Lebensweise ist das Singen für sie überflüssig, ja geradezu schädlich geworden. Im Käfig endlich singt der Vogel wegen des unbefriedigten, daher verlängerten Paarungstriebes und auch der Zerstreuung halber länger als im Freien.

Auch zum Thema des Vogelzuges liegen neue, interessante Beobachtungen vor.

Die Zugstraße der ostpreußischen Storchscharen ist nach Dr. Thienemann*) folgende: Von Goldap aus nach Süden die Weichsel aufwärts durch Ungarn. Von da aus jedenfalls geradlinig über das Mittelländische Meer bis zur afrikanischen Küste und von da das Niltal aufwärts. Von den im August 1908 mit Marke versehenen Störchen wurde am 5. Nov. 1908 ein Exemplar bei Rosseires am Blauen Nil (Sudan) geschossen. Man wußte dort mit der Ringaufschrift nichts anzufangen und ließ auf gut Glück einen Brief mit der köstlichen Adresse „Herr Vogelwarte Rossitten, Germany" abgehen, der am 4. Dezember wohlbehalten in Rossiten eintraf. Ein am 7. Juli 1907 in Ostpreußen gezeichneter Storch (N. 769) ist nach später eingetroffenen Nachrichten*) von Buschmännern an der Nordostgrenze der Kalahari erschlagen. Sie fingen an, ihn zu rupfen, um sich eine leckere Mahlzeit zu bereiten, als sie ihn plötzlich mit dem Rufe: „Es ist ein Gott!" fortwarfen. Sie hatten nämlich an dem einen Bein den Ring entdeckt. Dieser gelangte in den Besitz eines englischen Kaufmannes, der ihn an die Zeitung „Wide World" nach London schickte.

„Am 8. Januar 1909," schreibt Dr. Thienemann, „traf der Ring auf der Vogelwarte Rossitten glücklich ein. Er liegt wieder vor mir auf meinem Arbeitstische, von wo er vor 1½ Jahren ausgegangen war. Was hat dieses Stückchen Metall in der Zwischenzeit alles erlebt! Über Länder und Meere bald 9000 Kilometer nach Süden getragen. Dort unter wunderbaren Umständen in die Hände wilder Menschen gelangt, aber doch wieder in die Kultur zurückgekehrt und über London, Berlin in dem Nehrungsdörfchen Rossitten wieder angelangt."

Über den Frühjahrszug des weißen Storches in Ungarn berichtet ausführlich Jakob Schenk**) auf Grund 15jähriger eingehender Beobachtungen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß Ungarn das Durchzugsgebiet der in Dänemark und Norddeutschland nistenden Störche ist (vielleicht wäre die Beschränkung: Nordostdeutschland zu machen). Die Hauptrichtungen des Durchzuges sind im Frühling wie im Herbst die nordsüdliche, die südost-nordwestliche, die ostwestliche. Die Richtung Südwest-Nordost wird nur in vereinzelten Fällen beobachtet. Das Verfolgen eines die Zugstraße kreuzenden Flußtales bringt häufig eine Abbiegung von der ursprünglichen Zugrichtung hervor. Die Tagesleistung der Störche auf ihrem Zuge nach den Winterquartieren bemißt Schenk auf 200 bis 240 Kilometer. Er glaubt auch die wahrscheinlichen Ursachen angeben zu können, weshalb der als vorzüglicher Flieger bekannte Storch verhältnismäßig so geringe Tagesstrecken zurücklegt. Es muß in Betracht gezogen werden, daß der Storch seine Nahrung hauptsächlich zu Fuß erbeutet und daher selbst in der höchsten Fütterungszeit niemals auch nur annähernd so viel fliegt wie an einem solchen Reisetage. Die Störche ziehen sehr hoch und das Überwinden von 1000 bis 2000 Metern ist ebenfalls eine große Arbeitsleistung. Der große Nahrungsbedarf und die darauffolgende längere Verdauungszeit fallen ebenfalls schwer in die Wagschale, indem die Flugzeit dadurch wesentlich abgekürzt wird. Ein schwerwiegender Grund ist auch noch die ungenügend erstarkte Körperkraft der Jungstörche, die bei dem sehr frühzeitigen Fortzuge der Störche anfangs noch sehr der Schonung bedürfen.

In dieser Zugweise offenbart sich augenscheinlich das Bestreben, allzu große Anstrengungen, die das Erreichen der Winterquartiere gefährden könnten, zu vermeiden. Auf die obigen Tatsachen

*) Ornith. Monatsber., XVII (1909), Nr. 1.

*) Ornith. Monatsber., XVII, Nr. 2. In Nr. 5 des Jahrgangs wird die Erbeutung zweier weiteren Ringstörche bei Rosseires am Blauen Nil (Sudan), und bei Morija (Basutoland, Südspitze Afrikas) berichtet.

**) Journal f. Ornith., LVII (1909), Heft 1.

und auf die Lebensweise des Storches gestützt, kann man daher behaupten, daß der Storch ein Durchzugsgebiet beansprucht, das, möglichst in der Richtung der Winterquartiere liegend, nirgends größere Erhebungen als die gewöhnliche Zughöhe besitzt und mit solchen Nahrungsstellen versehen ist, die nach einer Tagestour von 200 bis 240 Kilometern erreicht werden können. Untersucht man nach diesen Erfordernissen die Gebiete, über welche die dänischen und norddeutschen Störche hinwegziehen, so stellt sich heraus, daß sie den Anforderungen vollkommen entsprechen. Das einzige Hindernis könnte der Wall der Karpathen bilden, doch ist dieser nur an wenigen Stellen über 2000 Meter hoch und durchgehends mit niedrigen Pässen versehen. So führt der Zug nach Überwindung der Karpathen in drei Tagestouren bis in das rumänische Tiefland, und der weitere Weg ließe sich auf Grund der Massenzüge an den Ostküsten des Ägäischen und des Mittelländischen Meeres leicht bis zur Nilmündung verfolgen.*)

So ist der Vogelzug nach Schenks sicherlich völlig berechtigter Auffassung eine mit den übrigen biologischen Eigenschaften der betreffenden Art in Wechselbeziehung stehende Lebensäußerung, die sich daher bei jeder Art anders gestaltet und bei jeder Art gesondert untersucht werden muß. Er ist seinem innersten Wesen nach eine Lebensäußerung zur Erhaltung der Art, hervorgebracht durch den Wechsel der Jahreszeiten, ausgebildet bei jenen Arten und Individuen, die sich in ihrem Fortpflanzungsgebiete einer periodisch ganz oder teilweise verschwindenden Nahrung angepaßt haben. Der Herbstzug ist ein Vorbeugungsmittel gegen die durch Nahrungsmangel und Kälte entstehende Herabminderung des Artbestandes; der Frühjahrszug bedeutet das Aufsuchen bestimmter Fortpflanzungsgebiete, an welche bestimmte Individuen der Art am besten angepaßt sind, an welchen dieselben daher zur Fortpflanzung, d. h. zur Erhaltung ihrer Art, das Höchstmaß günstiger Lebensbedingungen vorfinden.

Über die Entstehung des Vogelzuges, die sich schon während der Tertiärzeit vollzogen haben muß, stellt Dr. Wilh. E. Eckardt eine Theorie auf, die in manchen Punkten recht einleuchtend ist, in anderen den Widerspruch herausfordert.**)

Eine der heutigen sehr ähnliche, vielleicht zum Teil sogar gleiche Vogelfauna existierte schon zur Tertiärzeit. Zu Beginn der letzteren gedieh in Europa eine ausgesprochen tropische oder in ihren letzten Ausläufern doch noch subtropische oder gemäßigte Flora bis hoch in den Norden hinauf. Um die Mitte des Tertiär aber kommt ein Wendepunkt: eine schärfere Zonengliederung wird bemerkbar und wir erkennen, wie einer alttertiären tropischen und einer mitteltertiären (miozänen) subtropischen Flora schließlich eine spättertiäre (pliozäne) nördliche oder boreale Pflanzenwelt folgt. Endlich rückte die diluviale Eiszeit heran und trieb, südwärts vordringend, alles Leben in Europa und Nordamerika dem Äquator zu.

Das eozäne Mitteleuropa war in seinen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen und infolgedessen auch seiner biogeographischen Beschaffenheit nach ein echtes Tropenland, nicht aber hinsichtlich seiner Lage auf der Erdoberfläche; denn es lag auch damals trotz der günstigen Wärmeverhältnisse nördlich des Wendekreises. Sein Klima ging allmählich über in das gemäßigte der nördlicher gelegenen Ländergebiete, ohne daß sich der durch den Passatwind hervorgerufene, auch für frühere geologische Epochen charakteristische Steppen- beziehungsweise Wüstengürtel dazwischen geschoben hätte. Auch zur Tertiärzeit lag dieser Gürtel südlich von Mitteleuropa, wenn er sich auch 15 bis 20 Breitengrade weiter nach Norden erstreckte als heute. Worauf es Dr. Eckardt ankommt, ist dies festzustellen, daß das eozäne Mitteleuropa hinsichtlich des Sonnenstandes kein Tropenland war mit Tagen und Nächten von ungefähr gleich langer Dauer während des ganzen Jahres, sondern daß zur eigentlichen Sommerzeit die Dauer des Tages die der Nacht bedeutend überwog.

In diesem Klimagebiete sind nun, wie die paläontologischen Funde beweisen, zur Kreide- und Tertiärzeit die meisten unserer Zugvögel beziehungsweise ihre nächsten Vorfahren entstanden. Ja wir dürfen annehmen, daß im Laufe der Tertiärzeit viele Arten bis in den warmen Norden, wo ja die Tagesdauer während der günstigen Jahreszeit noch länger war als in der ursprünglichen Heimat, allmählich vordrangen, um dann die ungünstigere Jahreszeit in der südlicher gelegenen Heimat zuzubringen. Somit wären jene Wanderungen der Zugvögel „im Keime" schon während der Tertiärzeit angelegt worden.

Der einzige mit absoluter Sicherheit wechselnde Faktor zwischen höheren und niederen Breiten ist der Sonnenstand, und dieser Umstand legt es nahe, darin eine Hauptursache des Vogelzuges zu suchen. Schon W. Meydenbauer bemerkte: „Die merkwürdige Verdauungskraft gerade der meist in Betracht kommenden Vögel bedingt, daß die in den Äquatorialgegenden volle 12 Stunden dauernde Nacht vielleicht zu lang ist, um von den beständig nach Nahrung verlangenden jungen Vögeln ohne Schaden für ihre Entwicklung überstanden zu werden." Deshalb entwickeln sich auch bei uns verspätete zweite Bruten selbst bei schönstem Septemberwetter nur langsam und außerdem nur zu schwächlichen Exemplaren, die oft noch bei Witterungswechsel vor der Abreise eingehen.

Gegen die Theorie Meydenbauers könnte der Einwand erhoben werden, daß doch gerade die Tropen, obwohl durch verhältnismäßig lange Nächte das ganze Jahr hindurch ausgezeichnet, das arten- und individuenreichste Vogelleben beherbergen. Aber es handelt sich bei diesem Einwand doch nur um einen Scheingrund. Dr. Eckardt hebt die Gründe der Erscheinung, daß bereits zur Tertiärzeit viele Vögel aus dem europäischen Tropengebiete

*) Nachdem am 25. April 1909 der mit Ring 1002 gezeichnete Storch bei Karietein, 110 Kilometer nordöstlich von Damaskus, erbeutet ist, liegt es nahe anzunehmen, daß der Reiseweg von Ungarn zum Nil durch Kleinasien und Syrien, nicht direkt über das Mittelmeer führt. (Ornith. Rundsch., XVII, Nr. 7—8).

**) Journ. f. Ornithologie, LVII (1909), Heft 1.

nach Norden zogen, um hier zu brüten, hervor. Der so oft mißverstandene „Kampf ums Dasein" existiert in der belebten Natur in erster Linie eigentlich nur als „Kampf um Raum". Der weite Raum wirkt lebenerhaltend: wenn jedes Lebewesen an sich einen Raum beansprucht, in dem es weilt, so braucht es einen weiteren Raum, aus dem es seine Nahrung zieht, und es erreicht die Höhe seiner Raumforderung, wenn es nicht nur sich, sondern auch seine Jungen zu erhalten hat.

Als die Tropen am Ende der Tertiärzeit weiter nach Süden glitten und die bisher im europäischen Tropengebiete seßhaften Arten sich den südlicher wohnenden einheimischen Arten zugesellt hatten, entstand jedesmal, wenn zum Brutgeschäfte geschritten werden sollte, eine Wohnungsnot und damit Hand in Hand ein Mangel an spezifischer Nahrung für die einzelnen Arten. Aus diesen Gründen wurden die von Norden kommenden Vögel immer wieder gezwungen, zur Fortpflanzungszeit in die ursprüngliche Heimat zurückzukehren, um hier das Brutgeschäft bei mehr Raum und reichlicherer Nahrung aufzunehmen. So scheint der wechselnde Sonnenstand die Zugvögel von einer Halbkugel zur anderen zu leiten, bis sie schließlich die nördlichen Länder des längeren Sonnenstandes wegen regelmäßig namentlich zum Zwecke der Fortpflanzung aufsuchen. Wohl nur mit Hilfe des zum Teil bereits im frühen Tertiär erworbenen Wandertriebes, der sie schon damals nordwärts führte zu den Ländern, welche die zur Erhaltung der Arten notwendigen Bedingungen ungeschmälert darboten, konnten sie sich überhaupt neben ihren tropischen Artverwandten im Kampfe ums Dasein überlebend erhalten bis auf den heutigen Tag. Der Eiszeit legt Dr. Eckardt keine so überwiegende Bedeutung für die Entstehung des Vogelzuges bei, glaubt vielmehr, daß das bereits im Untermiozän einsetzende kühlere Klima Europas den Anstoß zum Wandern der Vögel nach südlicher gelegenen Gegenden zur ungünstigen Jahreszeit gab.

So ist der Vogelzug in seiner heutigen Art und Weise in jeder Beziehung eine reine Instinkthandlung, mächtig gefördert und befestigt durch die natürliche Auslese. Die Ausführung dieser Handlungen selbst aber ist eine selbständige und bewußte Tätigkeit.

Eine Arbeit des rührigen Ornithologen W. Schuster*) macht uns mit dem Bestande der Storchnester in Hessen-Nassau bekannt. Daß der Storch vielerorts ein in seinem Bestande zurückgehendes, durch die immer intensiver werdende Bodenkultur zurückgedrängtes Tier ist, ergibt sich auch aus dieser besonders auf den Regierungsbezirk Wiesbaden eingehenden Arbeit, die zugleich betont, daß der Storch entschieden kein Gebirgstier ist, hauptsächlich wohl wegen des rauheren und zugigen Gebirgsklimas. Zu dem traurigen Thema der Abnahme des Storches gibt

*) Jahrbücher des Nass. Vereines für Naturk., 61. Jahrg., S. 143. Bei dieser Gelegenheit sei auf ein neues vorzügliches Vogelwerk von W. Schuster hingewiesen: „Unsere einheimischen Vögel". Mit 110 Abb. in Vielfarbendruck. Gera-Reuß 1909. Für jeden großen wie kleinen Vogelfreund höchst anregend und instruktiv.

dieselbe Arbeit noch folgende Daten: Es waren in Oberfranken im Jahre 1904 neben 62 verlassenen Storchnestern nur noch 27 besetzt; in Straßburg, wo man vor etwa 20 bis 30 Jahren noch 120 Storchnester zählte, gab es im Jahre 1905 deren nur noch 9. Merklich abgenommen haben die Störche an Zahl auch in Schleswig-Holstein, desgleichen im Münsterland und in der Schweiz. In Ostthüringen scheint der Storch ganz ausgerottet zu sein, sicher ist er das in England. Sehr häufig kommt er bei uns noch in den beiden Mecklenburg vor. Sie zählen zusammen rund 4600 Storchnester, die im Herbst von etwa 23.000 Störchen bewohnt sind. Auf ein Storchenpaar kommen daselbst im Frühjahr 3·5, auf einen Storch im Herbst 0·7 Quadratkilometer Land. In Ostpreußen (auch dort sind inzwischen — seit meinen Storchzählungen in Hessen — die Störche gezählt worden, und zwar von Universitätsprofessor Dr. Braun durch 450 Zählkarten) betrug im Frühjahr 1905 die Zahl der besetzten Storchnester 13.565, der leeren 1880, davon auf Bäumen 1063. Die Zahl der Störche im Herbst wird auf 54.260 angegeben. Ostpreußen ist mithin also die storchreichste Provinz. Davon kehrt im nächsten Frühjahr die Hälfte zurück. In Oberfranken in Bayern sind etwa 27 bis 30 Storchnester besetzt mit zirka 150 Störchen im Herbst. Gegenüber der fast allgemein beobachteten raschen Abnahme des Storches kommt die an einzelnen Orten sich zeigende langsame Zunahme kaum in Betracht."

Das Vogelauge.

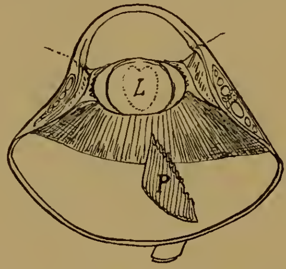
Wenn der Mensch aus tiefer Dunkelheit plötzlich in die Tageshelle oder einen stark erleuchteten Raum tritt, empfindet er die Flut des Lichtes fast gleich einem Körperschmerzgefühl und erlangt erst nach einer gewissen Zeit die Fähigkeit ungestörten Gebrauches seiner Augen wieder. Dieselbe Blendung des Auges erfahren Säugetiere, die man aus tiefem Dunkel ins Helle führt, in den bisher untersuchten Fällen. Dagegen erkennen Hühner, die man aus tiefster Finsternis plötzlich in einen hellen Raum führt, sofort die umgebenden Gegenstände, z. B. die auf dem Boden liegenden Getreidekörner, auch ohne Mitwirkung des Geruchssinnes. Zwischen der Funktion des Auges der Hühner, vielleicht auch noch anderer Vögel, und der Funktion des Menschen- oder Säugetierauges besteht in dieser Hinsicht also ein grundlegender Unterschied. Worauf das Fehlen der Lichtblendung bei den Hühnern beruht, läßt sich bisher kaum vermuten.

Aber nicht nur die Verrichtung, auch der Bau des Vogelauges weist, verglichen mit dem der übrigen Wirbeltieraugen, manche Besonderheit auf. Diese Abweichungen im Bau und ihre Bedeutung erörtert Viktor Franz*) auf Grund eines sehr reichhaltigen Untersuchungsmaterials in seiner Arbeit „Das Vogelauge". Wenn sich diese Arbeit auch vor allem mit dem Bau und der Funktion eines wenig bekannten Organs, des Fächers oder

*) Zoolog. Jahrbücher. Abt. für Anat. und Ontogenie. Bd. 28 (1909), Heft 1.

Pekten, beschäftigt, so ist sie nebenher doch so reich an weiteren Gesichtspunkten, daß sie auch größere Kreise zu fesseln vermag.

Eine wahre Kugelform, wie sie manchen Säugetier- und auch manchen Fischaugen angenähert eigen ist, kann nach V. Franz der Augapfel des Vogels niemals zeigen. Diese Abweichung von der Kugelform ist besonders bedeutend dadurch, daß die Hornhaut bei fast allen Vögeln im Vergleich zu der anderer Wirbeltiere verhältnismäßig klein ist. Die Achse des Augapfels ist fast durchweg bedeutend kürzer als die beiden Durchmesser (von rechts nach links beziehungsweise oben nach unten) und von den letzteren ist häufiger der horizontale länger als der vertikale. Im horizontalem Durchschnitt zeigt also der Augapfel elliptische Form, was insofern für den Vogel von Vorteil, als dadurch das Gesichtsfeld in der hauptsächlichen Blickrichtung, der



Rechtes Auge des Steinadlers. *L* Linse, *P* Pekten oder Fächer.

horizontalen, vergrößert wird. Die Fischaugen zeigen Ähnliches.

Demselben Zweck, der Vergrößerung des Gesichtsfeldes, dient die Asymmetrie des Augapfels, die dann so wirkt, daß eine Vergrößerung des vorn gelegenen Teiles des Gesichtsfeldes zu stande kommt. Einer allzu großen Horizontalstreckung des Auges arbeitet jedoch die Tendenz zur Abrundung entgegen, die sich zur Genüge daraus erklärt, daß der Augapfel nach allen Richtungen Bewegungen in der Augenhöhle ausführen muß. Die Eulenaugen sind allerdings so wenig beweglich, daß man sie in praxi als unbeweglich in der Höhle festsitzend betrachten kann; aber dieser Zustand ist sicher nachträglich entstanden, da ja ausgebildete, wenn auch ziemlich schwache Augenmuskeln vorhanden sind. Beim Eulenauge tritt auch in schärfster Form die Umbildung eines Vogelauges zum Teleskopauge, einem bei Tiefseetieren beobachteten Organ, auf. Diese Umwandlung beruht darauf, daß das Auge zwar nicht, wie man gewöhnlich sagt, röhrenförmig verlängert, wohl aber röhrenförmig verengt ist. Nicht die Achse des Auges ist verlängert, aber sein Durchmesser ist verkürzt. Die hiedurch erreichte Verkleinerung des Augapfels bezweckt offenbar nichts anderes als eine Ersparnis; denn stets tritt die Umbildung zum Teleskopauge bei solchen Tieren ein, die im Verhältnis zu ihrer Körpergröße ungewöhnlich große Augen haben (s. Jahrb. VI, S. 178). Außer den Eulen zeigen auch manche Raubvögel sehr schöne Teleskopaugen, z. B. der Steinadler, bei anderen sind sie mutmaßlich erst im Entstehen begriffen.

In den Teleskopaugen erleidet die Netzhaut eine ganz erhebliche Beschränkung ihres Umfanges, unbeschadet der Leistungsfähigkeit des ganzen Auges. Die Sehflecken, im Vogelauge häufig grübchenartig vertieft (Foveae), können dreifach auftreten. Am beständigsten zeigt sich eine etwa zentral oder ein wenig schläfenwärts gelegene Fovea, die nur bei den Eulen fehlt. Nach ihrer Lage ist es offenbar die Fovea des Sehens mit einem Auge (monokulär), was bei den Eulen vermöge ihrer Augenstellung nahezu wegfällt. Die Tiefe dieser zentralen Sehgrube scheint im allgemeinen der Formensehtüchtigkeit des Auges zu entsprechen und ist am geringsten bei den Hühnervögeln, erheblich bei den Singvögeln. Außer ihr findet sich vielfach eine streifenförmige Fovea, auf welcher dann immer die nasale sitzt. Sie liegt im horizontalen Meridian und tritt ganz augenscheinlich besonders bei solchen Vögeln auf, die ihre Nahrung am Erdboden suchen, sowie bei den Schwimmvögeln. Eine runde schläfenwärts gelegene Fovea, eine Fovea des Sehens mit beiden Augen (binokulären), findet sich selten: außer bei den Eulen, wo sie die zentrale ersetzt, nur bei einigen sehr schnellen und geschickten Fliegern, Seglern, Schwalben u. a. Sie ist immer von geringerer Tiefe als die zentrale, die doch also auch bei diesen Fliegern in erster Linie zum Fixieren von Gegenständen zu dienen scheint. Bei manchen von ihnen sind übrigens alle drei Formen der Fovea vereinigt, so daß die Netzhaut die größte Differenzierung der Fovea gerade bei den schnellsten Fliegern entfaltet.

Auf den feinen Bau der Netzhaut kann hier nicht näher eingegangen werden. Nur einige Zahlen seien erwähnt, um die Massenhaftigkeit der unendlich kleinen Netzhautelemente zu veranschaulichen. Die zentralen Partien der Netzhaut des Bachstelzenauges enthalten auf ein Quadratmillimeter 250.000 Ganglion opticum-Zellen und 360.000 Stäbchen nebst wenigen Zapfen, eine enorme Menge. Die Nachtvögel sind weit weniger reichlich ausgestattet.

Der Fächer oder das Pekten ist ein wellblechartig gestaltetes, im Glaskörper des Auges gelegenes Gebilde, das reich an Nervenfasern ist und an der Oberfläche Kölbchen trägt, die ihrerseits wieder mit je einem, ein Härchen tragenden Hütchen versehen sind. Auf Grund seiner sehr eingehenden Untersuchung dieses Organs kommt V. Franz zu dem Schlusse, daß das Pekten ein Sinnesorgan, die Kölbchen nebst Härchen die sensiblen Endorgane sind. Es erhöht das räumliche Sehen, was für das Vogelauge aus zwei Gründen von ganz besonderem Werte ist: erstens wegen der schnellen Bewegungen der Vögel, denn flinkere Tiere akkommodieren stets flinker und damit schärfer als langsame; zweitens deshalb, weil die Vögel vielfach nicht oder doch nur unvollkommen stereoskopisch sehen. Bei den Singvögeln, die, um Gegenstände zu fixieren, auf das einäugige Sehen allein angewiesen sind, ist das Pekten besonders gut ausgebildet, während es bei den Nachtraubvögeln schwach entwickelt ist; denn diese fixieren vermöge ihrer Augenstellung nur binokulär. Es

läßt sich wohl mit Recht annehmen, daß eine Art Rückbildung, beginnende Rudimentierung des Fächers mit der Umbildung des Auges zum vorwärts gerichteten Teleskopauge zusammenhängt. Das bestentwickelte Pekten haben diejenigen Vögel, die am meisten monokulär (mit je einem Auge) sehen.

Dr. Franz weist weiter darauf hin, daß das Vogelauge als Ganzes die höchste Anpassungsfähigkeit besitze und besser als z. B. das Säugetierauge für die Akkommodation ausgerüstet ist. Das Vogelauge ist unter allen Wirbeltieraugen am weitesten entwickelt und am stärksten differenziert, insbesondere überragt es das Säugerauge, und dieser Umstand legt die Frage nahe, ob vielleicht auch der Gesamtorganismus des Vogelkörpers höher stehe als der des Säugerkörpers, eine Frage, die anscheinend noch nie erörtert ist; vielleicht aus dem Grunde nicht, weil gerade der Mensch zu den Säugetieren gehört.

Nach Prüfung der gesamten Organisation beider Gruppen entscheidet Dr. Franz sich dafür, die Frage unentschieden zu lassen, ja er hält sie für unentscheidbar, ebenso wie die weiteren Fragen, ob Wirbeltiere, Gliedertiere oder Mollusken usw. sich nach dem Gesichtspunkte von Hoch und Niedrig miteinander vergleichen lassen. Man schätzt die Organisationshöhe der Tiere unbewußt danach ab, wieweit ihre Organisation der anthropozentrischen Idealvorstellung eines Organismus nahe kommt. Der Glaube jedoch, daß der Mensch die höchste Stelle im Tierreiche einnehme, ist ein anthropozentrischer Selbstbetrug.

Ich meine also — fährt Dr. V. Franz fort — selbst Amphioxus (das niedrigste Wirbeltier), selbst die heutigen Amöben sind von den Urorganismen ebenso weit entfernt und stehen nicht tiefer als der Mensch und überhaupt alle Organismen, denn jeder Organismus ist vollkommen, jedes Wesen hat seine Eigentümlichkeiten und vor allem haben alle eine ebenso lange Zeit hinter sich. Für die Stellung eines Wesens zu den anderen unterliegen alle anderen Beurteilungspunkte außer jenem der Zeit zu leicht einer Bewertung, die immer subjektiv ist und fast immer anthropozentrisch ausfällt und in keinem Falle objektive Berechtigung hat. So ist z. B. eine stärkere Differenzierung nichts Höheres oder Vollkommeneres als eine einfache Organisation.

Man darf sich nach dem Gesagten die heutigen Organismen nicht unter dem Bilde einer aufsteigenden Reihe vorstellen, sondern als eine Schar von nebeneinander stehenden Gebilden. Die gewöhnlichen Stammbäume der Wesen sind durchaus anthropozentrisch konstruiert, vom Standpunkte des Menschen aus. Wir sehen etwas in die Natur hinein, was nicht in ihr liegt. Objektiv richtige Darstellungen geben höchstens paläontologische Stammbäume, d. h. solche, in denen gleichzeitig lebende Organismen auf gleicher Höhe stehen. Auch sie müßten eigentlich nicht zweidimensional (flächenhaft) sein, auch nicht dreidimensional, sondern vieldimensional.

Die landläufige Redeweise „von der Amöbe bis herauf zum Menschen" hat dann natürlich keine Berechtigung mehr.

Der Mensch ist durch die Naturforschung immer weiter herabgewürdigt worden (ist eine wissenschaftlich gerechtfertigte Würdigung etwa eine Herabwürdigung?); seine Erde steht nicht mehr im Zentrum der Welt, er ist nicht mehr das Lieblingskind des Schöpfers, er steht nicht mehr körperlich, nicht mehr geistig außerhalb des Tierreiches. Die anthropozentrische Denkweise hat ihm seit Menschengedenken einen höheren Platz angewiesen, als er verdient, und tut dies auch heute noch.

Es gibt kein Hoch und Niedrig bei den Organismen, das ist die Lehre des Vogelauges.

Meeresbewohner.

Die Frutti di mare, die das unerschöpfliche Meer dem Menschen in so überreicher Fülle spendet, verdanken ihre Existenzmöglichkeit dem Plankton, dem schwebenden, schwimmenden, treibenden Nichts, von dem der Laie, mag er im Boote eine Luftfahrt längs der Küste, mag er im Riesendampfer eine Fahrt über die Abgründe des Ozeans unternehmen, zunächst nichts sieht, nichts ahnt. Für den Forscher ist das Plankton, die Urnahrung und Quelle alles Lebens im Meere wie in Flüssen und Seen, ein Gegenstand höchsten Interesses, aber auch schwieriger Untersuchungen, für die ganz neue Methoden und Apparate zu ersinnen und zu erfinden waren.

Das Plankton ist teils pflanzlicher, teils tierischer Natur. Ersteres, das Phytoplankton, ist durch ungeheure Mengen niederer Algen vertreten; unter letzterem, dem Zooplankton, findet man fast alle Gruppen von Tieren, teils durch ihre Eier und Embryonen, teils selbst als Quallen, Salpen, Radiolarien, Rädertiere, Krebschen u. a. vertreten. Verschiedene große Expeditionen, deren Ergebnisse erst teilweise vorliegen, sind hinausgegangen nur zu dem Zwecke, Planktonstudien zu treiben und ihnen ist es zu verdanken, daß manche frühere irrtümliche und unverständliche Anschauung über das Plankton berichtigt wurde.

Die Frage, woher die Nahrungsmengen stammen, die zur Erhaltung der riesenhaften Planktonmassen und durch diese mittelbar zur Ernährung der sichtbaren Tierwelt des Wassers dienen, hat Prof. A. Pütter in zwei wichtigen Abhandlungen „Die Ernährung der Wassertiere" und „Der Stoffhaushalt des Meeres" zu beantworten gesucht.*) Er kommt darin zu dem Schlusse, daß das Meer für sehr viele Tiere eine Nährlösung darstellt, aus deren unerschöpflichem Reservoir sie ständig ihre Nahrung entnehmen, daß sie also die im Wasser gelösten organischen Stoffe aufnehmen und assimilieren. Die Behauptung, daß viele wirbellose Tiere sich von diesen Stoffen ernähren, verliert viel von ihrem Ungewohnten, wenn wir uns erinnern, daß bei den meisten Zellgattungen der Metazoen (mehr- oder vielzelligen Wesen) die Fähigkeit, geformte Nahrung aufzunehmen, völlig verloren gegangen ist und sie von den Nährlösungen der Körperflüssigkeiten leben. Es soll sich bei

*) Zeitschr. f. allgem Physiol., Bd. VII, S 283—368; Bericht darüber von Dr. von Möller in Naturw. Wochenschr., Bd. VIII, Nr. 1 und 2.

den Meeresmikroorganismen hauptsächlich um gelöste Kohlenstoffverbindungen handeln, zu deren Aufnahme besondere Organe nicht nötig seien.

Die Stoffumsetzungen im Meere gestalten sich nach Prof. Pütter folgendermaßen: Im Stoffwechsel der Algen werden große Mengen löslicher Kohlenstoffverbindungen gebildet und an das Meerwasser abgegeben, vielleicht nachdem ein erheblicher Teil schon durch die an den Algen haftenden Bakterien Veränderungen erfahren hat. Bedeutende Mengen Sauerstoff werden hiebei im Lichte frei, während die Bakterien auch im Dunkeln Sauerstoff entbinden können. Von den gelösten Kohlenstoffverbindungen sowie zum sehr geringen Teil von den Leibern der Planktonalgen lebt die ganze Masse der Meerestiere, d. h. sie baut einerseits ihre gesamte Körpersubstanz aus diesen Stoffen auf und sie verwendet sie anderseits als Nahrung im Betriebsstoffwechsel; und dieser letztere erfordert eine vieltausendmal größere Stoffzufuhr als der Baustoffwechsel. Nur die Wirbeltiere, hauptsächlich also Wale und Fische, und die Tintenfische sind von dieser Ernährungsweise ausgeschlossen.

Diese Ergebnisse Pütters haben jedoch vielfachen Widerspruch wachgerufen und dürfen noch nicht als erwiesen gelten. Prof. M. Henze*) hat gezeigt, daß exakte Untersuchungen des Meerwassers mit einwandfreien Methoden so minimale Mengen von organisch gebundenem Kohlenstoff ergeben, daß sie unmöglich zur Ernährung der angeblich auf sie angewiesenen Planktonorganismen ausreichen können. Zu einem unauflöslichen Rätsel würde uns auch der ganze Bau der Tiere, der in seinen typischen und tiefgehenden Unterschieden von dem Bau der Pflanzen gerade daraus zu erklären ist, daß das Tier sich anderer Organismen bemächtigt, sie verzehrt und verdaut, während die Pflanze von Anorganischem sich erhält. Ist doch auch der Körper fast aller Planktontiere mit den kompliziertesten Apparaten zum Ergreifen und zur Ausnützung anderer Organismen versehen.

Auch andere Ergebnisse der Planktonforschung, die bisher für sicher festgestellt galten, sind durch die neuesten Untersuchungen in Frage gestellt worden, so z. B. die Annahme, daß in den Gebieten des kalten Wassers mehr Plankton produziert werde als in den tropischen Meeren, und die andere, daß das Meeresplankton im allgemeinen im Frühjahr und Herbst die höchste Massenentwicklung erreiche. Es läßt sich bestreiten, daß tatsächlich in den warmen Meeren weniger produziert wird als in den kalten und daß letztere überhaupt planktonreich seien. Es scheint vielmehr für die Menge des Planktons eine ganz andere Ursache als die Wärme ausschlaggebend zu sein, nämlich eine Mischung von Wasser verschiedenen Ursprunges, namentlich aufsteigenden Tiefenwassers mit warmem Oberwasser, aber auch des Küstenwassers mit dem Wasser der Küstenflüsse. Nathanson zog daraus den Schluß, daß die erhöhte Planktonproduktion lediglich von der Zufuhr frischen Stickstoffmaterials abhänge und daß diese Zufuhr entweder direkt durch Küstenzuflüsse oder durch die auf- und abwärts gerichtete Zirkulation des Ozeanwassers bewirkt werden könne. Überall wo die Erneuerung erschwert sei, z. B. in der Sargassosee, müsse der Stickstoffgehalt des Wassers auf ein sehr geringes Maß herabsinken und die Produktion von Plankton dadurch sehr vermindert werden.

*) Archiv f. die ges. Physiol. (Pflüger), Bd. 123, S. 487 ff.

Durch die Untersuchungen von H. Lohmann*) ist ferner festgestellt, daß auch die Frühjahrs- und Herbstmaxima des Planktons nur auf unvollkommener Beobachtung beruhen. Indem er durch Anwendung von feinen Filtern und Zentrifugierungen alle im Wasser schwebenden Organismen bis auf die Bakterien sammelte, ihre Individuenzahl und die Masse des Fanges feststellte, wies er nach, daß in der Kieler Bucht die Menge des Auftriebes nur vom Frühjahr zum Hochsommer regelmäßig ansteigt, um dann bis zum Februar rapid zu sinken. Das Frühjahrs- und Herbstmaximum, das die Netzfänge bisher deutlich gezeigt hatten, wird wesentlich nur durch die Menge der sperrigen Diatomeen vorgetäuscht, während das Sommerminimum umgekehrt eine Folge des Fehlens der Diatomeen und des Auftretens großer Mengen kleinster, durch die Netzmaschen schlüpfender Organismen war.

Seine Anschauungen über die Ernährung der Planktonwesen und der höheren Wassertiere mittels ungeformter Nahrung hat Dr. A. Pütter in einer umfangreichen Arbeit über die Ernährung der Fische zu beweisen versucht.**) Danach soll die Nahrung der Fische keineswegs bloß aus jenen Pflanzen und Tieren bestehen, die sie in den Magendarmkanal aufnehmen; einen wesentlichen Bestandteil dieser Nahrung sollen vielmehr Substanzen ausmachen, die im Wasser gelöst vorhanden sind und von den Fischen durch die Kiemen aufgesogen werden. Teils aus schon vorhandenen Angaben, teils aus eigenen Versuchen berechnet Dr. Pütter, daß die Ernährung vom Darmkanal aus in vielen Fällen nicht ausreicht, um das Wachstum und den Energieverbrauch der Fische zu decken.

Ein merkwürdiges Beispiel für großen Energieverbrauch ohne entsprechende Nahrungsaufnahme sind immer die stromaufwärts wandernden Salmoniden gewesen, z. B. der den Rhein aufwärts schwimmende Lachs, der nach Berechnungen und Beobachtungen verschiedener Forscher bei seiner Rheinreise zur Bestreitung der damit verbundenen Arbeit allein mehr als das Zehnfache jener Stoffmenge bedarf, die er dabei umsetzen soll. Hienach ist also diese Reisezeit nicht als großer Hungerversuch aufzufassen, sondern der Lachs ernährt sich nach Pütters Schlüssen auch hiebei, allerdings nicht durch den Darmkanal. Vielleicht läßt sich auf gleiche Weise die bei den Aallarven festgestellte, auf eine Periode intensiver Nahrungsaufnahme folgende Hungerperiode von nahezu einjähriger Dauer erklären, in der sich die Larve zum vollkommenen Aal auswächst (s. Jahrb. VII, S. 199).

Dr. Pütter stellt durch Berechnungen des Sauerstoffverbrauches fest, daß die Fische bei einem mehrtägigen Aufenthalte in dem mit natürlicher

*) Naturw. Wochenschr. VII, Nr. 51.
**) Zeitschr. f. allg. Physiol., Bd. IX (1908), Heft 2.

Nährlösung gefüllten Aquarium etwa 44 bis 88 Prozent ihres gesamten Stoffumsatzes aus den gelösten Nahrungsstoffen beziehen. Bei Ernährung in künstlicher Nährlösung zeigte sich, daß die Tiere in ihr länger lebten und mehr Sauerstoff verbrauchten, d. h. einen regeren Stoffwechsel betätigten als in nährlösungfreiem Kontrollwasser.

Der Magendarmkanal soll als Organ der Aufnahme von gelösten Nährstoffen aus zwei Gründen nicht in Betracht kommen. Erstens ist er oft vollgestopft mit trockener Nahrung und zweitens müßten die Tiere bei Aufnahme durch den Darm das Zwei- bis Sechsfache ihres Volumens an Wasser stündlich durch den Darm passieren lassen. Dagegen läßt sich aus dem Sauerstoffverbrauche berechnen, daß bei den Kiemen eine genügende Menge Nährwassers vorbeipassiert. Natürlich ist auch nach Dr. Pütter eine Ernährung ohne gelöste Nährstoffe möglich; dennoch aber hält er die in den natürlichen Gewässern vorhandenen gelösten und ausnützbaren Stoffe für die Grundlage der Ernährung bei Fischen und anderen Wasserbewohnern.

Aus dem Leben der Fischwelt ist eine Anzahl interessanter Einzelheiten zu berichten.

Zu den Fischen, die man bisher schon als Symbionten oder „Raumparasiten" mit anderen Tieren zusammenlebend kannte, ist, von Prof. Plate*) während seines Aufenthaltes auf den Bahamainseln entdeckt, ein neuer gekommen. Auf diesen Inseln bringen die Fischer häufig die Riesenschnecke Strombus gigas, deren Fuß ein Nationalgericht der Bewohner bildet, zu Markt. In der Mantelhöhle dieser Meerschnecke, aber nur bei großen Exemplaren aus 2 bis 5 Meter Wassertiefe, lebt ein kleines braunes Fischchen von 3 bis 6 Zentimeter Länge, das von Prof. Plate den Namen Apogonichthys strombi erhielt (etwa „Fischkind des Strombus"). Der Mietsmann verläßt seinen Wirt wahrscheinlich nur nachts, um dann seiner aus Garneelen, Asseln und anderen Krebstieren bestehenden Nahrung nachzugehen. Die Schnecke hat von dem Einmieter anscheinend keinen Nutzen.

Auch andere derartige Gäste scheinen ihren Wirten für den Unterschlupf keinen Gegendienst zu gewähren. Wenn sich ein Fischchen (Fierasfer) im Enddarm gewisser Seegurken oder Holothurien aufhält; wenn zwischen den Stacheln eines Seeigels im Roten Meere oft ein bis zwei Dutzend kleiner Fische leben, durch die Bewaffnung des Stacheltieres gegen feindliche Belästigungen geschützt, so kann man sich diese Duldung seitens der Wirtstiere aus deren Unbehilflichkeit erklären. Wenn dagegen wehrhafte Tiere, wie Quallen, Seerosen, Aktinien, solchen Gästen Raum gewähren, so setzt das um so mehr in Erstaunen, als ganz nahe Verwandte von ihnen sich von Fischen, Schnecken, Krebsen und ähnlicher Beute ernähren.

Ein solches Tier ist nach einer Arbeit von Jennings**) der Seestern Asterias forreri, der an der Küste von Südkalifornien ziemlich häufig ist und an der Unterseite von Steinen ein träges Dasein führt. Er besitzt zum Schutze der zarten Atmungsorgane sogenannte Pedicellarien, eine Art von gestielten Greifzangen, die sich durch Muskeln öffnen und schließen können und auf mechanische sowie auf viele chemische Reize reagieren. Sie dienen außer zum Schutze auch zum Nahrungserwerb, da das von ihnen ergriffene Tier nicht nur unschädlich gemacht, sondern in der Regel auch verzehrt wird. Ist der Seestern noch satt, so halten die Pedicellarien die Beute fest, bis sie tot und zerfallen ist; von selbst lassen sie einen ergriffenen Gegenstand nicht los. Hat er aber Hunger, so wird den Pedicellarien das Beutetier von den Saugfüßchen, die sich suchend von der Unterseite emporstrecken, entrissen und dem Munde zugeführt. Auf diese Weise werden selbst verhältnismäßig große Fische bewältigt.

*) Zoolog. Anzeiger, Bd. 33 (1908), Heft 12.
**) Ref. von K. v. Frisch, Naturw. Wochenschr. VIII, Nr. 51.

Einen möglichen Fall von Mimikry bei der gemeinen Seezunge (Solea vulgaris) teilt A. T. Masterman*) mit.



Seestern, einen Fisch verzehrend.

Zwei in der Nordsee häufige Arten der Fischgattung Trachinus, das Petermännchen und die Viperqueise, besitzen als Abwehrmittel einen auf die Strahlen der ersten Rückenflosse und den Kiemendeckelstachel beschränkten Giftstoff. Die Viperqueise, die bekannteste von beiden, liegt gewöhnlich im Sande vergraben, so daß nur die Kopfspitze mit Maul und Augen sowie die Rückenflosse hervorragen. So lauert sie auf ihre aus Garneelen und Fischbrut bestehende Nahrung, und es ist wohl eine Folge dieser Lebensweise, daß Augen und Mund in die Rückenlage gerückt sind. Ganz ähnlich verhält sich das Petermännchen. Bei beiden Arten hat die erste Rückenflosse sechs spitze, starke Strahlen und eine hervorstechend schwarze Hautfärbung. Indem diese Flosse, sobald sich der Fisch bedroht sieht, aufgerichtet und in auffälliger Weise ausgebreitet wird, sticht sie von den blaßgelben und braunen Farben des Fisches und der hellen Farbe des Sandes so ab, daß man sie auf beträchtliche Entfernung deutlich erkennt. Garstang hat dies für ein Beispiel von Warnungsfärbung erklärt und mit Rücksicht auf die Giftigkeit der Fische und ihre Häufigkeit kann man wohl annehmen, daß diese schwarze Warnungsflagge die etwaigen Angreifer wirksam abschreckt.

Ein ähnliches Verhalten zeigt die gemeine Seezunge, deren rechte oder obere Brustflosse gut entwickelt ist und auf ihrer oberen Hälfte einen namentlich bei den jungen Tieren auffälligen großen, tiefschwarzen Fleck trägt, der aber auch noch

*) Journ. of the Linn. Soc. Zool., vol. 30, S. 239.

bei den alten deutlich und in ziemlicher Entfernung erkennbar ist. Beim Nahen von Feinden bleibt die Seezunge wie andere Plattfische, der Steinbutt, die Scholle, regungslos im Sande vergraben liegen. Dies Versteckspiel wird durch die Fähigkeit der Tiere, ihre Farbe im Einklang mit den Beleuchtungsverhältnissen zu ändern, unterstützt. Aufgestört aber sucht die Seezunge ihr Heil in der Flucht und richtet dabei die obere Brustflosse scharf auf, indem sie sie wie eine schwarze Flagge ausbreitet.

Für die Annahme, daß dies ein Fall von täuschender Nachbildung (Mimikry) sei, sprechen auch folgende Tatsachen: Die geographische Verbreitung der Seezunge und ihrer nächsten Verwandten ist fast die gleiche wie die der Trachinusarten, beide kommen in denselben Wassertiefen vor,



Rekonstruktion des Urinsektes.

die jungen Zungen mit der Viperqueise, die erwachsenen in tieferem Wasser mit dem Petermännchen; endlich zeigt die Brustflosse anderer Plattfische, selbst anderer Seezungenarten, nicht dieselbe schwarze Färbung und die gleiche Haltung. Auch ein im Mittelmeere lebender Trachinide, der Sterngucker, hat eine aufrichtbare erste Rückenflosse von kohlschwarzer Farbe und einen furchtbaren, wahrscheinlich giftigen Kiemendeckelstachel.

Insekten und Weichtiere.

Wenn Ahnenstolz irgend anderswo eine Stätte haben und zum Ausdrucke kommen könnte als in der menschlichen Gesellschaft, so müßte er gewiß die Brust jedweden Insekts schwellen; denn schon zur Zeit des Altertums der Erde, des Paläozoikums, als an den „Herrn der Schöpfung" noch gar nicht zu denken war, wimmelte es von Insekten der verschiedensten Art und für ihren Stammbaum würde es riesiger Tafeln bedürfen.

Die Ahnen unserer Insekten hat Anton Handlirsch*) zum Gegenstand seines besonderen Studiums gemacht. Es ergab sich, daß schon jetzt über 880 paläozoische, 960 mesozoische und 5800 kainozoische Insektenarten als bekannt anzusehen sind, genug, um den Zeitpunkt des ersten Auftretens der einzelnen systematischen Reihen wenigstens annähernd feststellen und die Umwandlungen dieser großen Tiergruppe während der vergangenen Erdzeitalter in großen Zügen erkennen zu können.

Die ältesten Insekten fanden sich in den unteren Stufen des produktiven Steinkohlengebirges. Sie vertreten durchweg eine auf tiefer Organisationsstufe stehende Gruppe, die sich nur bis zum Ende der Steinkohlenzeit verfolgen läßt, dann aber wieder verschwindet. Diese Insekten, die Urflügler oder Paläodiktyopteren, sind so primitiv, daß man sie ohne weiteres als Stammformen aller modernen Insektengruppen betrachten kann; sie stimmen auffallend mit dem von der Wissenschaft vorausgesetzten Urinsekt überein, das die denkbar einfachste Form aller heute lebenden Insektengruppen vorstellen soll. Neben jenen Urflüglern finden sich in den oberen Stufen des Paläozoikums auch weiter vorgeschrittene Typen, die zweifellos bestimmte Hinneigung zu modernen Insektenordnungen erkennen lassen und daher als Übergangsgruppen von der Stammgruppe zu den heute noch bestehenden Geradflüglern, Schaben, Libellen, Eintagsfliegen, Halbflüglern u. a. aufzufassen sind. Neben den Urflüglern und den vorgeschritteneren Übergangsgruppen finden sich im Altertum der Erde nur noch echte Schaben und zuletzt auch Eintagsfliegen und Fangheuschrecken. Somit ist die paläozoische Insektenfauna total verschieden von der modernen, vor allem viel einförmiger.

Im Mittelalter der Erde, dem Mesozoikum, erscheint die Stammgruppe der Insekten völlig, die Übergangsgruppen beinahe ganz ausgestorben. Dagegen lassen sich schon fast alle in diesen Formationen gefundenen Insekten zwanglos in die heute lebenden Ordnungen einreihen. Es treten nun echte Laubheuschrecken und Grillen, Stabheuschrecken, Libellen, Käfer, echte Netzflügler, Skorpionfliegen, Köcherjungfern, Zweiflügler, Hautflügler, Schmetterlinge und Halbflügler auf, so daß am Ende der Juraperiode alle Hauptgruppen der Insektenwelt mit Ausnahme der Ohrwürmer, Termiten, Staubläuse, Blasenfüße, Feldheuschrecken und der auf Warmblütern lebenden echten Läuse, Pelzfresser und Flöhe vorhanden sind. Der scheinbar so tiefgreifende Unterschied zwischen der paläozoischen und der mesozoischen Insektenwelt, der einerseits auf dem Erlöschen der primitiven Urformen, andererseits auf dem Erscheinen der mit vollkommener Verwandlung ausgestatteten und kälteren Jahreszeiten besser angepaßten Gruppen beruht, wird von Handlirsch dem Einflusse der permischen Eiszeit zugeschrieben.

So manche heute enorm entwickelte Familie, z. B. die Wespen, Ameisen, Bienen, Grabwespen, echten Fliegen, Rüsselkäfer u. a., fehlt auch im Mittelalter der Erde noch. Ferner sind auch die Zahlenverhältnisse der Arten total verschieden, indem gerade die heute in riesigen Mengen vorhandenen und deshalb für die moderne Insektenwelt besonders charakteristischen Gruppen, z. B. die Schmetterlinge und andere auf Blütenpflanzen angewiesene Insekten, verhältnismäßig schwach ver-

*) Ein Handbuch für Paläontologen und Zoologen. Leipzig 1909. Die Umschau XIII, Nr. 28.

treten sind. Alles im Jura noch fehlende Wesentliche findet sich dann in den tertiären Ablagerungen reichlich vertreten und es scheint daraus hervorzugehen, daß das zweite für die Entwicklung der Insektenwelt ausschlaggebende Ereignis das Erscheinen der Blütenpflanzen war, das in die Kreidezeit fällt.

Schon im Diluvium finden wir vorwiegend Arten, die heute noch leben. Die Eiszeiten dürften es also gewesen sein, die den heutigen Zustand schufen, und zwar hauptsächlich durch Verdrängung und Vernichtung der wärmeliebenden tertiären Insektenelemente.

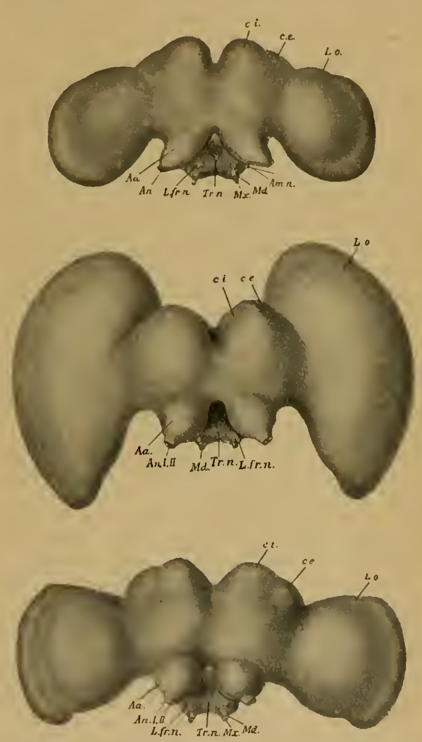
Von den heute existierenden Ordnungen ist keine als Stammgruppe der Insekten zu betrachten. Die Formen, die gewissen uralten Insekten noch heute am ähnlichsten sind, Eintagsfliegen, Libellen, Perliden, Sialiden, Sisyiden sowie ihre paläozoischen Vorfahren, sind oder waren amphibiotisch, d. h. lebten als Larven im Wasser; das führt zu der Annahme, daß auch die gemeinsame Stammgruppe, die Urinsekten, amphibiotisch war, und daß die Insekten nicht von bereits rein auf der Erde lebenden ungeflügelten Formen abzuleiten sind. Aus dem Studium der Urflügler ergibt sich ferner die wichtige Tatsache, daß die Flügel der Insekten nichts anderes sind als vergrößerte seitliche Erweiterungen der Leibesringe (Segmente), daß sie anfangs nur in vertikaler Richtung beweglich waren und daß ähnliche, wenn auch kleinere Erweiterungen auch an anderen, nicht flügeltragenden Körpersegmenten vorhanden waren, so namentlich an dem ersten Brustringe, wo sie ein drittes rudimentäres Flügelpaar vorstellten. Somit liegt die weitere Annahme nahe, daß schon die Vorfahren der Urflügler solche seitliche Erweiterungen besaßen und daß diese Vorfahren bei den rein im Wasser lebenden Trilobiten zu suchen sind. Von ihnen würden dann also die Krebse, Spinnen, Tausendfüßer und Insekten stammen.

Wir wenden uns von diesen allgemeinen Betrachtungen nun zu einzelnen Insektengruppen.

Wie mag es in deinem Köpfchen aussehen? fragen wir angesichts der hervorragenden geistigen Leistungen der Biene und erführen gar zu gern, wie sich in ihrem Kopfe die Welt malt. Soweit eine Antwort auf diese Frage möglich ist, finden wir sie in einer Arbeit C. N. Jonescus, „Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn der Honigbiene".*)

Danach zeigt das Gehirn bei den drei Formen der Biene bedeutende Unterschiede in der Gestalt und dem inneren Bau. Am kleinsten ist, der äußeren Form nach, das Gehirn der Königin. Das der Arbeiterin ist erheblich größer. Bei der Drohne, die einen weit größeren Kopf hat als die weiblichen Tiere, ist das eigentliche Gehirn nicht größer als das der Arbeiterin, während die Sehlappen entsprechend der Größe der Augen stark entwickelt sind. Viel kleiner sind sie am Gehirn der Arbeitsbiene, noch kleiner an dem der Königin, entsprechend der verschiedenen Größe der Augen. Auch der innere Bau der Sehlappen ist, obwohl in den Grundzügen übereinstimmend, bei der Drohne etwas komplizierter als bei den weiblichen Tieren.

Die großen Augen der Drohne und die Größe ihres Sehlappens stehen offenbar in Beziehung zu ihrem Hochzeitsfluge. Die Drohne verfolgt die Königin im Fluge, wozu zweifellos ein gutes Sehvermögen nötig ist. Die Königin und die Arbei-



Gehirne der Bienenkönigin, der Drohne, der Arbeitsbiene. Bemerkenswert ist die gewaltige Ausbildung der Sehlappen (*L.o.*) bei der Drohne.

Aa Antennenanschwellung; *Am.n.* motorische Antennalnerven; *An I, II* sensible Antennalnerven; *c.e.* äußere, *c.i.* innere Becher der pilzhutförmigen Körper; *L.fr.n.* Labrofrontalnerv; *L.o.* Lobus opticus; *Md.* Mandibularnerv; *Mx.* Maxillarnerv; *Tr.n.* Tritocerebralnerv. (Nach Jonescu.)

terin können ein kleineres Auge haben, da ihnen nicht die schwierige Aufgabe zufällt, ein Insekt im Fluge zu verfolgen. Allerdings ist das Auge der Arbeitsbiene von großer biologischer Bedeutung und Dr. von Buttel-Reepen hat nachgewiesen, daß die Arbeiterin von optischen Eindrücken vielfach Gebrauch macht, indem sie sich die Lage ihres Stockes einprägt und die Stelle, an der sie Futter gefunden hat, sowie die ganze Gegend, so in Erinnerung behält, daß sie, durch Gesichtseindrücke geleitet, ihren Weg hin und zurück findet. Die Lebensweise der Königin ist viel einfacher, indem sie außer dem Hochzeitsflug überhaupt keine Tätigkeit außerhalb des Stockes auszuüben braucht. Daher ist es begreiflich, daß ihr Auge und ihr Sehlappen nicht so hoch entwickelt sind wie diejenigen der Arbeitsbiene.

*) Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 45 (1909), Heft 1.

Schwieriger sind genaue Feststellungen über die **Bedeutung der Fühler** oder Antennen und gewisser Anschwellungen (dem Deutocerebrum) an ihnen. Dem Volumen nach sind letztere bei der Drohne und der Arbeiterin ungefähr gleich groß, bei der Königin erheblich kleiner. In der inneren Struktur ist insofern ein bedeutender Unterschied, als dies Organ bei der Drohne einfacher gebaut ist als bei der Arbeitsbiene, und zwar ist die Zahl der Endbäumchen bei der Drohne erheblich geringer. Augenscheinlich ist also die Sinnesfunktion der Antennen bei den Drohnen weniger hochentwickelt als bei den Arbeiterinnen. Welcher Art diese Funktion ist, kann nicht entschieden werden, weil über die Funktion der Sinnesorgane der Antenne verschiedene Meinungen bestehen.

Gewisse plattenförmige Sinnesorgane an der Antenne (Sensilla placodea) sind bei den Drohnen auffallend zahlreich vorhanden (Schenk berechnete ihre Zahl für die beiden Fühler der Drohne auf ungefähr 31.000, der Arbeiterin auf etwa 4000). Diese Organe sind wahrscheinlich nicht, wie manche Forscher meinen, Gehörsorgane, denn warum sollte die Drohne ein besseres Gehörsvermögen besitzen als die Arbeitsbiene, sondern dienen dem Geruchsvermögen. Wenn man sich denkt, daß sie insbesondere für die Wahrnehmung des Geschlechtsgeruches, also hauptsächlich des Geruches der Königin, bestimmt sind, so wird die Tatsache verständlich, daß die Drohne diese Sinnesorgane in so großer Zahl besitzt. Zwei andere Arten Sinneswerkzeuge an den Antennen der Drohne dienen wahrscheinlich ebenfalls dem Geruchssinne, sind aber für Gerüche anderer Art bestimmt.

Viel mannigfaltiger als das Geruchsvermögen der Drohne muß das der Arbeitsbiene sein. Der Geruch der Königin, der Nestgeruch, der Wachsgeruch, die Blumen- und Honigdüfte, vielleicht auch noch Gerüche der Larven und Puppen kommen für sie in Frage, wenngleich die Blüten wohl mehr durch den Gesichts- als durch den Geruchssinn aufgefunden werden mögen.

Demgemäß müßte also die Arbeiterin auf ihren Antennen zahlreiche und mannigfaltige Geruchsorgane besitzen und in der Tat sind dort sogenannte „Geruchskegel" und zahlreiche „Sinneshaare" gefunden, die bei der Drohne entweder gar nicht oder nur sehr spärlich vorhanden sind; außerdem besitzt sie noch die bei letzterer vorkommenden. Die Königin ist bezüglich der Sinnesorgane fast ebenso wie die Arbeitsbiene ausgestattet.

Da die Antenne bei der Arbeitsbiene mannigfaltige und biologisch sehr wichtige Organe enthält, finden wir bei ihr auch die Antennenanschwellungen des Gehirns auf der höchsten Stufe der Ausbildung. Die sogenannten Endbäumchen (Antennalglomerulen) sind bei ihr viel zahlreicher als bei der Drohne, während die Königin zwischen beiden sozusagen in der Mitte steht und im Vergleiche zur Arbeitsbiene wohl schon eine Rückbildung erlitten hat.

Während Augen und Antennen bei den drei Formen der Honigbiene so große Verschiedenheiten zeigen, scheinen die Ocellen, die auf der Stirn gelegenen kleinen Nebenaugen, sich bei ihnen gleichartig zu verhalten, wie auch die zu ihnen gehörigen Gehirn- und Nerventeile keine deutlichen Unterschiede zeigen.

In gewissen Organen des Bienenhirns, den sogenannten pilzförmigen Körpern, treffen Bahnen aus allen Teilen des Gehirns zusammen. Sie sind also sicherlich ein Ort der Verknüpfung der verschiedensten Sinneseindrücke und wahrscheinlich auch die Stelle, wo diese Verbindungen oder Assoziationen aufbewahrt werden, also die Organe der Intelligenz der Biene. Bei der Drohne sind diese pilzförmigen Körper recht groß, größer als bei der Königin und kaum kleiner als bei der Arbeitsbiene; daß sie bei der Arbeitsbiene bedeutend größer als bei der Königin sind, darf wohl mit den höheren geistigen Fähigkeiten der ersteren erklärt werden.

„Jedenfalls" — so schließt Jonescu — „bestehen Beziehungen zwischen den verschiedenen Instinkten und Tätigkeiten der drei Formen der Bienen einerseits und dem Bau des Gehirns andererseits, wenn wir auch nicht im stande sind, die Bahnen genauer zu bezeichnen, auf welchen die einzelnen Tätigkeiten beruhen. Die Verschiedenheit der Gehirne der Drohne, der Arbeitsbiene und der Königin entspricht offenbar der Verschiedenheit der Fähigkeiten und Tätigkeiten." — Dieses Ergebnis einer unendlich mühevollen anatomischen Untersuchung erscheint recht kärglich und ziemlich selbstverständlich; aber es wird wahrscheinlich auf lange Zeit das einzige sein, was wir auf diesem Gebiete wissen können.

Das wird uns so recht klar, wenn wir dem nimmer endenden Streit der Gelehrten, Zoologen und Psychologen, über die geistigen Anlagen und Fähigkeiten der Tiere lauschen, ein Streit, der zwischen zwei Extremen hin und her wogt: der Ansicht, daß die geistigen Fähigkeiten der Tiere von denen des Menschen dem Wesen nach grundverschieden seien, und der Meinung, daß von der tiefststehenden Tierpsyche bis zur Seele des Menschen eine mehr oder minder lückenlose Stufenleiter führt.

Unter den Insekten sind es nicht die Honigbiene und die Seidenraupe allein, die der Mensch in seinen Dienst nimmt; neuerdings scheint auch die Ameise in manchen Fällen geeignet zu sein, uns zu nützen und auf unseren Dank Anspruch zu erheben. Wie man vor Jahren begann, einen gefährlichen Schädling der Baumwollpflanzungen in der Union durch eine Ameisenart erfolgreich zu bekämpfen, so versucht man neuerdings, die Kakaowanze, welche die Kakaoplantagen Javas verheert und anderen Mitteln siegreich trotzte, durch natürliche Feinde zu vernichten. Nach einem Bericht des Dr. v. Faber*) gelang es, eine in den Kaffeeplantagen Javas vorkommende, 3 bis 4 Millimeter lange schwarze Ameise als geeignet zur Bekämpfung der Wanze (Helopeltis) zu ermitteln. Die in Kisten und Blechgefäßen leicht zu befördernden Nester dieser Ameisenart werden in den Kronen der Kakaobäume aufgehängt, am besten nahe den Wipfeln, wo ihnen kein Ausweichen möglich ist und der Kampf aufgezwungen wird. Die angestellten Versuche ergaben, daß überall da, wo die

*) Der Tropenpflanzer, 1909, Nr. 1.

Ameisen sich ansiedelten, die Kakaowanzen nicht mehr auftraten. Vielleicht läßt sich auf ähnliche Weise auch die gefährliche Kakaomotte (Gracilaria cramerella) auf Java erfolgreich bekämpfen, und wenn den Plantagenbesitzern in Kamerun ein Helfer dieser Art gegen die Rindenwanze (Sahlbergella singularis) entdeckt werden könnte, wären sie gewiß auch nicht böse.

Über das Johanniskäferchen (Lampyris spendidula, noctiluca), dessen wir in einem früheren Jahrbuche (III, S. 233) schon einmal gedachten, hat Dr. F. Weitlaner*) einige neue und interessante Beobachtungen mitgeteilt.

Vielerseits wird als bestimmt angenommen, daß das Leuchten des Johanniswürmchens einem sexuellen Zwecke dient und weniger dem Zwecke des Abschreckens, und auch Dr. Weitlaner konnte ersteres zweifellos feststellen. Ob indes das Zusammentreffen des Leuchtens mit der sexuellen Periode ursprünglich nur eine Zufälligkeit bildete oder ein in die Natur so oft hineingelegtes teleologisches (zweckmäßig wirkendes) Ereignis, möchte er zurzeit noch unentschieden lassen.

Das Tageslicht und auch das Mondlicht scheuen die Johanniskäfer, sie schwärmen hauptsächlich nur zur noch warmen Spätdämmerstunde, also etwa 9 Uhr abends, und suchen dabei das Terrain systematisch nach Weibchen ab. Auch bei der Nahrung kann man sie zu dieser Zeit mit der Blendlaterne überraschen. Während das Weibchen, wie bei L. spendidula, am ganzen Hinterleibe gelb sein kann, ist es das Männchen nur an einer bestimmten Stelle desselben. Die sehr naheliegende Frage, ob der Chitinmantel dort gelblich und durchsichtig ist, weil es dort leuchtet, muß offen bleiben.

Das Johanniswürmchen kann die Leuchtstärke willkürlich verändern, und zwar nicht nur den Beginn des Leuchtens hervorrufen, sondern auch dessen Nachlassen willkürlich regeln; es bewirkt diese Regulierung durch Vermehrung oder Verminderung der Luftzufuhr mittels Öffnens und Schließens der Tracheen oder Atemkanäle. Dafür, daß dieses Leuchten etwa auf der Anwesenheit von Bakterien beruhe, existiert kein Anhaltspunkt. Den Hauptanteil am Leuchten haben die von Kölliker entdeckten harnsauren Ammoniakschöllchen, sie sind die Elemente des Leuchtens und man spricht deshalb richtiger von Leuchtstoff als von Leuchtorganen. Das Leuchten kommt im ganzen Körper vor, wenn auch am stärksten in der Nähe der sauerstoffspendenden Hinterleibstracheen; ebenso zirkulieren auch die Harnsäureschöllchen im ganzen Körper. Ein unmittelbarer Einfluß der Nerven auf das Leuchten ist nicht wahrnehmbar.

Von Interesse sind die folgenden biologischen Beobachtungen. Die Harnsäurebildung macht im Johanniskäferchen eine typische Entwicklung durch. Zur Zeit des ersten Auftretens der Tiere findet man diese Säure noch ziemlich streng in ihren Behältern, den Pseudozellen; später, zur Sonnwendzeit, tritt sie bereits aus denselben hervor und löst sich von Konglomeraten in die einzelnen Schöllchen auf; noch später, nach der Befruchtung und zur Zeit der Eierablage, kreisen die Schöllchen massenhaft im Saftstrome durch den ganzen Körper und zerfallen besonders im Hinterleibe in einen Detritus, von dem es höchst zweifelhaft erscheint, ob er zum Dasein des Individuums erforderlich oder auch nur zuträglich ist. In dieser Periode findet anscheinend keine Neubildung von frischen, voll gefüllten Pseudozellen mehr statt. Der mit befruchteten Eiern gefüllte Hinterleib der Weibchen birst oft von selbst mit nachträglichem Tode des Individuums und es ist wahrscheinlich, daß speziell die massenhafte breiige Harnsäure hiebei eine Rolle spielt, und zwar eine pathologische (krankheitliche). Stückchen des Hinterleibes findet man mit und ohne Eier leuchtend an den Grashälmchen kleben. Warum das? Warum sterben die Tierchen so früh und sieht man sie nur noch äußerst spärlich im warmen August, wo doch noch alle Lebensbedingungen vorhanden wären? Auch hier scheint das Sterben, wie in den meisten Fällen, nicht etwas Physiologisches, sondern etwas Pathologisches zu sein. Wie der Mensch selbst im höchsten Alter nur in ungeheuer seltenen Fällen durch rein physiologisches Erlöschen der Funktionen altersnormaler Organe stirbt, so ist es wohl auch im ganzen Tierreiche. Fast scheint es, als ob die massenhafte Harnsäurebildung zum Schlusse ein pathologisches Moment ausmacht, wenigstens beim Weibchen. — Übrigens fand Weitlaner seltene männliche und weibliche Individuen des Johanniswürmchens, die kein Leuchten besitzen und an den Leuchtstellen schwarz sind.

Über die „Trutzstellung des Abendpfauenauges" hat Prof. A. Weismann*) eine interessante Arbeit veröffentlicht, in der die Wichtigkeit der Augenflecke als eines Abschreckungsmittels von Feinden, besonders aus der Vogelwelt, dargestellt wird. Merkwürdig ist nicht bloß das plötzliche Hervorschieben der Augenflecke im Falle einer Bedrohung, sondern zugleich die wippende Bewegung des Rumpfes, die dem Stoßen eines Bockes ähnlich ist und durchaus den Eindruck eines Angriffes auf einen gegenüberstehenden Gegner macht. Sie wird gewöhnlich zwei- bis dreimal unmittelbar hintereinander wiederholt, zuweilen aber auch öfter, bis zu zehnmal ohne Pause. Dann tritt Ruhe ein, und das Tier kehrt allmählich wieder in seine Ruhestellung zurück, in der die Augenflecke von den Vorderflügeln bedeckt sind und der Falter nach Farbe und Gestalt den trockenen Weidenblättern ähnelt, in deren Nähe er sich gewöhnlich aufhält. Kleine insektenfressende Vögel werden durch die Schreckstellung und die Drohbewegung dermaßen in Schrecken versetzt, daß sie nach dem ersten Angriffsversuch von dem Falter ablassen und auch im Käfig nicht wagen, ihn zu wiederholen. Weismann legt dar, daß die Unterdrückung des Fluchttriebes beim Abendpfauenauge in keinem Grade aus der Einsicht und dem Willen des Tieres hervorgegangen ist, sondern nur aus der Häufung „zufälliger" nützlicher Abänderungen, die sich schließlich bis zur Umkehr des ursprünglichen Triebes steigerten.

Einen merkwürdigen Fall von Ameisennachahmung schildert Prof. Dr. Doffeler**)

*) Verhandl. der k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien, LIX, Heft 1—4.

*) Naturw. Wochenschr. VIII, Nr. 46.

**) Zoolog. Jahrb., Abt. f. Syst., Bd. 27 (1908), Heft 2.

bei einer Heuschrecke aus Ostafrika, der Myrmecophana, die jedoch nur eine Larvenform der lange bekannten Eurycoryha Stal ist. Beim Ausschlüpfen aus dem Ei wird das Junge durch eine sägeartige Leiste am Vorderkopfe, die zum Öffnen der Eischale dient, unterstützt. Gleich nach der ersten Häutung, die wenige Minuten nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei stattfindet, erhält der Kopf



Ameisen aus Ostafrika (*a* und *b*) und ihre Nachahmer (*e* die Larven der Heuschrecke Eurycoryha-Myrmecophana).

des Tieres seine definitive ameisenähnliche Gestalt. Täuschend ist in diesem und den beiden folgenden Larvenstadien die Ähnlichkeit mit einer Ameise, während im vierten Stadium infolge der erreichten Größe die Vortäuschung nicht mehr vollkommen ist. Nachdem noch das fünfte und sechste Stadium durchlaufen sind, erscheint das fertige Insekt (die Imago), die einem Blatte ähnelt. Während die ameisenähnlichen Zustandsformen des Insekts Tagtiere sind, die nach Art von Ameisen auf den Gebüschen umherklettern und sich hauptsächlich von den zartesten Pflanzenbestandteilen ernähren, spielt sich das Leben der folgenden Larvenformen und der Imago bei Nacht ab. Ein Schutz der ameisenähnlichen Formen durch die Annäherung in Gestalt und Lebensweise an zwei Ameisenarten ist nicht in Abrede zu stellen, wenn er auch nicht vollkommen ist. Es ist übrigens bemerkenswert, daß es in der Umgegend von Amani noch eine Anzahl anderer Ameisennachahmer gibt.

Die Fälle, daß bei Insekten Parthenogenesis, Fortpflanzung ohne zuvorige Befruchtung des Weibchens, entdeckt wird, haben sich in den letzten Jahren so gemehrt, daß es lohnt, einige der neuesten hier mitzuteilen.

Mit dem Studium der Lebenseigentümlichkeiten des Lappenrüßlers (Otiorrhynchus ligustici) im Gouvernement Jekaterinoslaw, wo dessen Larven die Luzernefelder schädigten, beschäftigt, stellte J. Wassiliew fest, daß alle Exemplare des Käfers, die durch seine Hände gingen, Weibchen waren.*) Dieser Umstand veranlaßte ihn zu der Annahme, daß er es bei dieser Art mit Parthenogenese zu tun habe. Eine aus dem Luzernefelde genommene Puppe erwies sich nach der Verwandlung ebenfalls als Weibchen und legte, ohne jemals mit Männchen zusammengekommen zu sein, im Laufe eines Monats 213 Eier, von denen gegen 100 sich entwickelten und Larven ergaben, deren Erhaltung leider nicht glückte. Auch ausgebildete, im Freien gesammelte Käfer, nach genauer Untersuchung sämtlich unbefruchtete Weibchen, schritten zur Eiablage und auch aus diesen Eiern entstanden in normaler Weise nach 12 bis 13 Tagen Larven. Bei einem Verwandten des Lappenrüßlers, bei Otiorrhynchus turca, ist der Nachweis der Parthenogenese unlängst von A. Ssilantjew geführt worden und bei dem allbekannten Müller (Tenebrio molitor) hat Th. Saling dasselbe nachgewiesen.

Eine noch eigenartigere Form der Parthenogenesis wurde schon im Jahre 1861 zu Kasan in Rußland entdeckt. Der Professor Nikolas Wagner hatte Insektenlarven gefunden, die sich noch im Larvenstadium fortpflanzen. Sie entwickeln in ihrem Leibe eine Brut von Tochterlarven, die nach ihrem vollständigen Auswachsen aus der Mutterlarve hervorkriechen. Die ausgeschlüpften Tochterlarven pflanzen sich dann genau so wie ihre Mutterlarven fort und so folgten den ganzen Herbst, Winter, Frühling hindurch eine Reihe Nachkommen erzeugender Larvengenerationen aufeinander, bis im folgenden Sommer die letzte Generation sich verpuppte und männliche und weibliche ausgebildete



Trutzstellung des Abendpfauenauges.

Insekten (Imagines) hervorbrachte. Die Larven waren unter der modernden Rinde von Baumstümpfen gefunden worden, wo sie in Kolonien von dem in Zersetzung befindlichen Baste lebten. Für die eigenartige Fortpflanzungsweise der Larven wurde der Name Pädogenesis vorgeschlagen. Die Tierchen gehören zur Familie der Cecydomyiden und waren eine neue Form, die Miastor metraloas genannt wurde. Später fand man auch noch andere

*) Zoolog. Anzeiger, XXXIV (1909), Nr. 1.

Muttorlarven von der gleichen Fortpflanzungsweise, aber seit dem Jahre 1872 waren die viviparen Cecidomyiden verschollen, wahrscheinlich weil niemand ernstlich nach ihnen gesucht hat.

Erst neuerdings hat Dr. W. Kahle die Untersuchung dieser merkwürdigen Zweiflüglerfamilie wieder aufgenommen und in einer großen Arbeit ihre ganzen Lebensverhältnisse, vor allem die Entwicklung der Embryonen in den Mutterlarven festgestellt.*) Er hat sie in der Umgebung Leipzigs an einigen hundert Baumstümpfen angetroffen; sie scheinen danach sehr häufige Insekten zu sein, die eine sehr weite Verbreitung über Europa besitzen. Es existiert eine undurchsichtige und eine weit seltenere durchsichtige Form; die Kolonien der letzteren waren immer recht schwach besetzt.

Schon an dem herdenweisen Zusammenleben kann man sie sogleich als die pädogenetischen Cecidomyiden erkennen. Ein besonderes Kennzeichen besteht aber noch darin, daß in derselben Kolonie Larven der allerverschiedensten Größen vereinigt sind; denn man findet da neben den alten Mutterlarven von 3 bis 4 Millimeter Länge die noch nicht halb so großen jüngsten Tochterlarven und zwischen beiden sämtliche Abstufungen. Die jüngeren Larven sieht man fast ständig in kriechender und bohrender Bewegung, während die mit Embryonen prall erfüllten Mutterlarven regungslos daliegen. Die kleinen unscheinbaren Tierchen sind in jeder Beziehung äußerst widerstandsfähig; sie dauern im Winter unter Eis und Schnee aus. Ihre Feinde in der Natur sind größere und stärkere Fliegen- und Mückenlarven, die man immer in ihren Kolonien mit antrifft. Auch Larven von Springkäfern (Elateriden) und Wanzen und noch andere Räuber scheinen ihnen nachzustellen.

Das fertige Insekt, die Imago, ist ein kleines, äußerst zierliches Wesen. Aus dem Zuchtglase ins Freie gelassen, schwebten die Tierchen in ruhigem Fluge aufwärts und strebten sichtlich dem Lichte zu. Es waren bei weitem mehr Weibchen als Männchen. Auf die pädogenetische Entwicklung, die von Dr. W. Kahle in prächtigen Abbildungen dargestellt und für echte Parthenogenese erklärt wird, können wir hier leider nicht weiter eingehen.

Über die Vermehrung und Lebensdauer der Nacktschnecken, dieser vom Laien so verabscheuten und auch nur von wenigen Forschern studierten Schneckengattungen, hat K. Künkel auf Grund vieljähriger Beobachtungen und Versuche wertvolle neue Ergebnisse veröffentlicht.**) Sie zeigen, wie fruchtbar auch eines Autodidakten Arbeit sein kann, wenn sie mit Mühe und Beharrlichkeit auf ein streng umgrenztes Gebiet gerichtet wird.

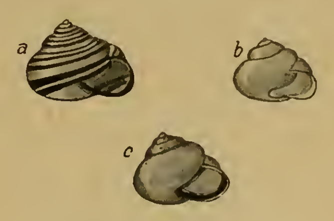
Erst nachdem Künkel, der die Nacktschnecken in Kellerräumen züchtete, die Entdeckung gemacht hatte, daß die Tiere Wasser aus der Umgebung durch die Haut in sich aufzunehmen vermögen, hatten seine Zuchtversuche Erfolg. Er suchte besonders folgende Fragen zu ergründen: Wann werden die Schnecken fortpflanzungsfähig? Wieviel Eier legt eine Schnecke? Legt sie nur einmal oder mehrmals? Wie alt werden die Schnecken?

*) Zoologica, Heft 55, Stuttg. 1908.

**) Verhandl. d. Deutsch. Zool. Gesellsch., 18. Jahresversamml. 1908, S. 153. Referat Naturw. Rundsch. XXIV (1909), Nr. 6 (V. Franz).

Die untersuchten Arionarten, meistens häufige Repräsentanten unserer Fauna, werden schon im ersten Lebensjahre, und zwar im vierten bis zehnten Monat geschlechtsreif, die einen etwas früher als die andern. Der Kopulation, die mehrmals wiederholt wird, folgt nach einem bis zwei Monaten die Eiablage; alle Arionarten legen in Zwischenräumen von 4 bis 18 Tagen mehrmals Eier ab. Die Zahl der Eier in jedem Gelege scheint im allgemeinen mit der Zeit abzunehmen. Ein Arion empiricorum (die bekannte, bald schwarze, bald rotgelbe „Wegschnecke") legte vom 11. August bis 5. Oktober 155, 56, 109, 95, 53, 29 und 18 Eier. Die Entwicklung der Jungen in den Eiern hängt von der Temperatur ab und verläuft am schnellsten bei 18 bis 25° C; sie dauert dann bei einigen Arten 18 bis 20, bei anderen 27 bis 30 Tage.

Auffälligerweise nehmen die Tiere nach der ersten Eiablage oft noch bedeutend an Länge und



a Hainschnecke, *b* Gartenschnecke, *c* Bastard beider.

Gewicht zu und verändern auch ihre Farbe. Der Tod tritt stets wenige Tage nach der letzten Eiablage ein, so daß die Arionen im Durchschnitt einjährig sind; nur unter besonderen Bedingungen werden sie 14 bis 16 Monate alt.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei den fünf Arten der Gattung Limax, die Künkel züchtete. Sie leben mit Ausnahme von Limax tenellus 2½ bis 3 Jahre. Die Gesamtzahl der Eier schwankt bei der Art L. cinereoniger zwischen 400 und 834, die Zahl der einzelnen Gelege zwischen 13 und 250.

Amalia marginata, eine schöne, seltene Art, die gewöhnlich als Fleischfresserin bezeichnet wird, lebt, obwohl schon in einem Alter von 8 bis 10 Monaten reif, doch 2½ bis 3 Jahre. Tote Schnecken fraß sie, allerdings nur, wenn ihr Pflanzenkost fehlte, lebende aber fiel sie niemals an. Merkwürdig ist, daß die Muscheln so sehr viel älter werden als die Nackt- und die Gehäuseschnecken.

Unter den letzteren sind die beiden Schnirkelschnecken Helix hortensis (Gartenschnirkelschnecke) und Helix nemoralis (Hainschnirkelschnecke) von A. Lang zu einer experimentellen Untersuchung benützt worden, die das Verhalten der beiden nahe verwandten Arten zur Bastardbildung feststellen sollte.*)

*) A. Lang, Über die Bastarde von Helix hortensis Müller und Helix nemoralis L., Jena 1908.

Die einander in vielen Punkten sehr ähnlichen, meist am selben Orte nebeneinander lebenden und auch derselben Untergattung angehörenden Schnecken lassen sich in der Regel dadurch unterscheiden, daß H. hortensis einen weißen, nemoralis einen schwarzbraunen Saum der Gehäusemündung besitzt. Doch sind diese und andere Merkmale vielfach so trüglich, daß dann nur die anatomische Untersuchung, namentlich der Geschlechtsorgane und des Kalkpfeiles, zur sicheren Feststellung der Art dienen kann. Da nun an manchen Örtlichkeiten (z. B. bei Bures, nahe Paris) neben den beiden Arten auch Zwischenformen auftreten, so erhob sich die Frage, ob eine Bastardierung beider Arten möglich sei oder ob sich vielleicht an gewissen Stellen die sonst durchweg streng getrennten Arten noch wie Varietäten einer Art verhalten.

Durch Züchtung von Bastarden zwischen H. hortensis und nemoralis, deren Erhaltung mit großen Schwierigkeiten verknüpft war, wurden die Merkmale solcher Hybriden nach Größe, Gestalt und Färbung festgestellt und dann der Versuch gemacht, zu ermitteln, inwieweit Tiere, deren Gehäusemerkmale ihnen einen Platz zwischen den beiden typischen Arten anweisen, als Bastarde zu bezeichnen seien. Es zeigte sich, daß da, wo anatomische Nachprüfung möglich war, also nicht nur Schalen, sondern lebende Tiere der anscheinenden Bastarde vorlagen, wahrscheinlich alle als variatio hybrida bezeichneten Formen keine Bastarde, sondern echte, im Bau allerdings etwas abweichende Helix hortensis waren oder auch Hortensis- beziehungsweise Nemoralis-Albinos.

Beide Arten sind hinsichtlich der Gehäusefärbung und Bänderung sehr variabel und alle diese Färbungsmerkmale scheinen überwiegend erblich und der individuellen Variation wenig ausgesetzt zu sein. Da nun diese erblich verschiedenen, vom Klima und der Ernährung anscheinend gar nicht beeinflußten Merkmale selbst schon in sehr großer Zahl und feiner Abstufung vorkommen, so muß infolge der Tatsache, daß alle noch so verschieden aussehenden Individuen derselben Art sich untereinander fruchtbar kreuzen, eine unbegrenzte Mannigfaltigkeit durch Verknüpfung der verschiedenen Merkmale eintreten. Die typische Bänderzahl auf den Gehäusen ist z. B. für jede der beiden Arten fünf. Durch Verschmelzung benachbarter, Ausfall einzelner Bänder usw. kann es allein in diesem Punkte zu 89 Varietäten kommen, von denen die meisten schon in der Natur beobachtet sind.

So leicht es nun ist, innerhalb derselben Art die verschiedenst gestalteten und gefärbten Individuen zur Paarung zu bringen, bei der große Fruchtbarkeit die Regel, Unfruchtbarkeit aber eine Ausnahme ist, so schwierig ist die Sache bei Bastardierungsversuchen zwischen beiden Arten, die gerade das umgekehrte Ergebnis hatten. Von den 61 Versuchen dieser Art blieben 30 ohne Erfolg; einigemal wurden zwar Eier abgelegt, es schlüpften jedoch keine Jungen aus. Sehr häufig war sowohl die Fruchtbarkeit der Eltern als auch das Gedeihen der Nachkommenschaft gering, es schlüpften nur vereinzelt Junge aus und starben bald wieder. Die Helixarten sind bekanntlich wie alle Lungenschnecken Zwitter, die sich wechselseitig befruchten und von denen jeder Teil Junge hervorbringt. Auch in diesem Punkte trat eine Verschiedenheit hervor, indem bei den Bastardierungsversuchen von den beiden zur Vereinigung gebrachten Bastardeltern nur das eine fruchtbar ist oder das eine wenige, aber sehr lebenskräftige, das andere dagegen zahlreiche, aber bald absterbende Nachkommen hervorbringt.

Bis zu erwachsenem Zustand wurden im ganzen nur 35 Bastarde gebracht. Merkwürdigerweise zeigte sich in einigen Fällen eine ganz ausnahmsweise, mit großem Gedeihen der Nachkommen verbundene Fruchtbarkeit, als ob es sich um die Sprößlinge eines normalen Elternpaares handelte. A. Lang ist geneigt anzunehmen, daß es gewisse Kombinationen von Individuen, Linien oder Varietäten von H. nemoralis und H. hortensis geben mag, die vollkommen fruchtbare Kreuzung vollziehen können, in dem Sinne, daß auch ihre Bastarde untereinander fruchtbare Nachkommenschaft erzeugen. Färbung und Bänderung der Bastarde folgte auch bei diesen jahrelang fortgesetzten Versuchen in der Mehrzahl der Fälle den Mendelschen Regeln (s. Jahrb. V, S. 135). Neunjährige Kreuzungsversuche zwischen den Bastarden ergaben nur einen Fall von Fruchtbarkeit; das eine Junge ging auch bald wieder ein. Auch Rückkreuzungen zwischen Bastarden und einer der beiden Stammarten haben nicht viele Ergebnisse geliefert, doch sind diese Versuchsreihen noch nicht abgeschlossen.

Die Gesamtheit der Versuche legt den Schluß nahe, beide Arten seien so nahe verwandt, daß man annehmen muß, sie haben die sie trennende Artbarriere — erdgeschichtlich gesprochen — erst vor kurzem nach entgegengesetzten Richtungen überschritten.

Der Mensch.

(Anthropologie, Ethnographie, Urgeschichte.)

Die Wohnstätte des Geistes. * Magenfragen. * Das Blut. * Der Diluvialeuropäer. * Der Unterkiefer von Mauer. * Urheimat und Ausbreitung der Menschenrassen.

Die Wohnstätte des Geistes.

Schädel und Gehirn, einzeln und in ihren gegenseitigen Beziehungen betrachtet, in ihrer Entwicklung von den niedrigsten Formen bis zur Vollendung beim Menschen verfolgt, bieten zwei der interessantesten Studienobjekte des Zoologen und Anthropologen, die selbst einem Goethe jahrzehntelang Gegenstand eindringendster Betrachtung und schärfsten Nachdenkens gewesen sind.

Daß es bei diesen schwierigen Problemen vielfach zum Auseinandergehen der Meinungen gekommen ist, darf nicht in Erstaunen setzen. Einem derartigen Gegenstand der Meinungsverschiedenheiten, der stammesgeschichtlichen Entstehung des Kopfes der Wirbeltiere, hat Prof. H. E. Ziegler*) erneut eine Untersuchung gewidmet. Während die älteren Forscher vorwiegend von dem Skelett des vollentwickelten Kopfes ausgingen, sucht er zunächst festzustellen, wieviel Abschnitte (Ursegmente, Somite) der primitive Wirbeltierkörper, der noch gar keinen abgegliederten Kopf besitzt, zur Bildung des Kopfes hergegeben haben möge. Die Ursegmente sind nämlich, wie aus den Verhältnissen beim Amphioxus, dem tiefststehenden Wirbeltiere, hervorgeht, die stammesgeschichtlich ältesten Teile. Bei diesem einfachsten aller Wirbeltiere, bei dem weder Gehirn noch Schädel differenziert sind, gehen die Ursegmente bis zum vorderen Körperende. Zur Feststellung der Gliederung des Kopfes können jedoch nicht nur diese Segmente, sondern auch die Anordnung der Kopfnerven und die Lage der Kiemenspalten dienen. Nach Zieglers Untersuchungen an gewissen Entwicklungsstadien von Haifischembryonen beträgt die Zahl der Segmente, die bei diesen Tieren in den Bereich des Kopfes einbezogen sind, elf. Die Kiemenspalten liegen zwischen ihnen.

Die phylogenetische Entstehung des Wirbeltierkopfes ging nach Prof. Ziegler folgendermaßen vor sich. Die Gastrula oder Becherlarve, eine häufige Embryonalform vieler wirbelloser Tiere und deshalb wahrscheinlich eine Ahnenform sowohl dieser wie aller Wirbeltiere, besteht aus zwei Körperschichten, dem Ektoderm (Außen- oder Hautblatt) und dem Entoderm (Hypoblast, Innenblatt). Der Innenraum der Gastrula, der Urdarm, mündet nach außen mittels des Blastoporus oder Urmundes, durch den ursprünglich die Nahrung mit dem Wasser einströmte, durch wimpernde Bewegungen der Medullarplatte hineingetrieben. Eigentlicher Mund und After existierten noch nicht, dagegen machte eine Anzahl Muskelsegmente die Bewegungen möglich.

*) Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. 43 (1908).

Einen ähnlichen Entwicklungszustand findet man bei der Amphioxuslarve, die noch viele ursprüngliche Charaktere aufbewahrt. Dieser primitive Zustand brachte es mit sich, daß das Wasser den Körper auf dem Wege seines Eintrittes auch wieder verließ, was endlich zur Bildung eines zweiten Körperausganges, des Afters, für den Abfluß des Wassers führte. Eine höhere Entwicklungsstufe wurde mit dem Durchbruche des Mundes und der Kiemenspalten erreicht. Ersterer ist nicht durch Verschmelzung zweier Kiemenspalten entstanden, wie man früher wohl annahm, sondern brach als unpaares Gebilde in der Richtung der Längslinie des Körpers durch. Die Kiemenspalten dagegen entstanden zwischen den Segmenten, an den Stellen des geringsten Widerstandes und paarweise einander entsprechend. Nach der Entstehung des Mundes verlor sich die Verbindung des Medullar-



Modell eines Katzengroßhirnes, darunter eines Haigehirnes; das so entstandene Bild entspricht dem Katzengesamthirn und zeigt, wieviel bei der Katze dem Urhirn und dem Neuhirn (gestrichelt) angehört.

rohres, dieser frühesten Anlage eines Zentralnervensystems, mit dem Darmrohr, und ersteres, das bisher nur nebenbei eine Sinnesfunktion, die Prüfung des durchströmenden Wassers, gehabt hatte, bildete sich nun zum Zentralorgan des Nervensystems aus.

Über die Ausbildung dieses Zentralorgans und die Beziehungen seiner verschiedenen Bildungsstufen zu den seelischen Vorgängen hat Prof. Dr. L. Edinger*) umfassende Forschungen angestellt.

Er teilt das Gehirn in ein Paläencephalon oder Urhirn und ein Neencephalon oder Neuhirn ein. Das Urhirn umfaßt alle Teile vom Riechlappen bis zum Ende des Rückenmarkes und läßt sich in der ganzen tierischen Stufenreihe vom Neunauge bis zum Menschen nachweisen; nie fehlt irgend ein Teil ganz, sein Typus bleibt unverändert, gleichgültig, ob wir ein Hai- oder ein Elefantengehirn betrachten. Es ist der älteste Teil des Zentralnervensystems und viele Tiere besitzen gar nicht mehr Hirn als dieses Urhirn. Das Neuhirn entwickelt sich erst jenseits der Fische, aus

*) Die Umschau, XII, Nr. 24.

ganz winzigen Anfängen bei den Haien bis zu dem mächtigen Apparat, der beim Menschen als Großhirn fast den ganzen Schädel ausfüllt.

Das Urhirn ist durch seinen Bau geeignet, Sinneseindrücke von der Außenwelt aufzunehmen und an verschiedene Stellen zu übertragen. Außerdem enthält es eine Anzahl regulierender Eigenapparate, zu denen in erster Linie das Kleinhirn gehört. Die bewegenden Apparate sind überall in sich zu Bewegungskombinationen verknüpft, derart, daß ein von außen kommender Reiz nicht einen einzelnen Muskel, sondern jedesmal eine ganze, zu bestimmter Handlung geeinte Gruppe zur Bewegung bringt. Schon isolierte Teilstücke des Urhirns sind zu einzelnen Handlungen befähigt. So umklammert ein Ring aus dem Halsteil eines Froschmännchens geschnitten mit den Vorderbeinen zweckmäßig, ganz wie ein unversehrtes Tier, das Weibchen, wenn nur seine Brusthaut den Reiz weiblicher Froschhaut spürt. Im Althirn sind alle Apparate zu den kombinierten Bewegungen des Gehens, Schwimmens, Fliegens usw. so gegeben, daß die Tiere sie auch nach Verlust des Neuhirns noch eine Zeitlang ausführen können. Das haben schon vor 2000 Jahren die Strauße gezeigt, die mit pfeildurchschossenem Kopfe in Roms Arena umherliefen.

Kein Teil des Urhirns kann wegfallen, ohne direkt den Ausfall der zu ihm gehörenden Funktion nach sich zu ziehen, und alle seine Teile entwickeln sich je nach den Anforderungen, welche die Lebensführung des Tieres an sie stellt, zu bestimmter Größe. Die Kenntnis dieser Entwicklung läßt, wie Prof. Edinger an einem Beispiel zeigt, sichere Rückschlüsse auf die Entwicklung und Tätigkeit bestimmter Sinnesorgane zu.

Bei allen Wirbeltieren vom Menschen bis zum Neunauge hinab ist der das Riechen vermittelnde Hirnteil ganz gleichartig angeordnet. Ein Tier, das ihn besitzt, dürfen wir mit Recht für riechfähig halten, selbst wenn das etwa aus seinem Verhalten bisher nicht sicher zu erschließen war. Je nachdem dieser Riechteil des Gehirns im Vergleiche zum übrigen Althirn groß oder klein ist, darf man auch auf die Wichtigkeit schließen, die das Geruchsvermögen für das Tier hat. Nach der Variierung des Riechlappens zu urteilen, müssen zwischen den Wirbeltierklassen, ja zwischen einzelnen Arten beträchtliche Unterschiede im Riechen vorkommen. Für die Vögel, denen das Riechvermögen immer wieder abgestritten wird, weist die Anatomie nach, daß sie echte, wenn auch kleine Riechlappen besitzen. So löst sie einfach und sicher die viel umstrittene Frage und heute ist auch eine genügende Anzahl von Beobachtungen vorhanden, welche Riecheindrücke bei den Vögeln mindestens sehr wahrscheinlich machen. Prof. Edinger führt eine Anzahl an. Geier und Adler werden von einem verdeckt liegenden Wild angelockt und die Rabenvögel finden verwesende Tiere auch verschneit und vergraben. Die Waldschnepfe wittert Würmer tief im Morast; sie soll ihren Schnabel immer nur da einstechen, wo sie ihn mit einem Wurm wieder zurückziehen kann.

Einen bisher kaum geahnten, von ihm als Oral- oder Mundsinn bezeichneten neuen Sinn entdeckte Dr. Edinger bei seinen gehirnanatomischen Studien. Wahrscheinlich schon bei den Eidechsen, sicher bei den Vögeln endet in einem Hirnfelde dicht hinter dem Riechapparat ein mächtiger Faserzug aus dem Trigeminus-Endkern (der Trigeminus- oder dreigeteilte Nerv, aus dem verlängerten Mark und der Brücke entspringend, versorgt die Weichteile des Auges und die Stirn, die Gegend des Oberkiefers, den Bereich des Unterkiefers und der Zunge mit je einem seiner Äste). Dieses Feld wächst bei den Vögeln zu einem enormen Gebilde heran, so daß die Frage entsteht, welches seine Funktionen sein können. Die Wichtigkeit des vom Trigeminus versorgten Schnabels, die außerordentlich reiche Nervenversorgung um den Mund und in der Zunge, ferner der Umstand, daß Reizungen jenes Hirnteiles Schnabelbewegungen erzeugen, führten zu der Vermutung, daß hier bisher ganz unbekannte Hirnteile vorlägen. Untersuchungen, die Prof. Edinger gemeinsam mit Dr. Kappers angestellt hat, ergaben, daß bei allen Tieren bis hinauf zu den Säugern ein bisher kaum studierter Sinn existieren muß, der um den Mund herum lokalisiert ist. Beim Chamäleon mit seinen winzigen Riechnerven ist der Lappen schon fast so mächtig wie bei den Vögeln, wobei in Betracht kommt, daß das Chamäleon die Nahrung durch Auswerfen der Zunge zu fangen hat. Wir wissen, welche Bedeutung bei den Fischen das Untersuchen der Nahrung mit den Barteln und der Schnauzenspitze hat, wie sehr die Schlangen auf das Tasten mit der Zunge angewiesen sind; und beim Verfolgen dieser vorläufig als Oralsinn bezeichneten Funktionen aufwärts in der Tierreihe fanden die Untersuchenden nicht ohne Erstaunen, daß auch die Säuger alle an gleicher Stelle einen solchen Hirnteil haben, der nur klein bei denen ist, bei welchen die Schnauze keine besondere Rolle spielt, so namentlich beim Menschen, Affen und den Wiederkäuern. Dagegen hat sich dieses Sinneszentrum bei Säugern aus den allerverschiedensten Klassen zu einem Riesengebilde entwickelt, wenn sie mit der Schnauze viel zu arbeiten haben, wie Igel, Maulwurf, Gürteltier, auch Schwein und Elefant. Bei ihnen ist das Gehirnzentrum für den Oralsinn mächtig entwickelt, während es beim Menschen fast vollständig verschwunden ist.

Das Kleinhirn, dessen wichtige Rolle im Bewegungsapparat des Tieres Prof. Munk festgestellt hat (s. Jahrb. VI, S. 211), ist nach Edinger in seiner Größe so sehr durch die Lebensweise bedingt, daß es bei einigen festgewachsenen Tieren restlos verschwindet, bei schwachen Schwimmern, wie Aal und Flunder, nur klein, bei den großen Schwimmern und Fliegern aber enorm wird. Ja bei so nahverwandten Tieren, wie den Land- und Wasserschildkröten, zeigt sich, daß erstere ein weniger als halb so großes Kleinhirn als die letzteren haben.

Ganz rein ist das Paläencephalon (Urhirn) bei den Knochenfischen (Hauptabteilung der Fische mit knöchernem Skelett, z. B. Aale, Lachse, Hechte, Schollen, Barsche, Makrelen usw.) vorhanden. Was diese leisten, kann man deshalb als paläencephales Handeln bezeichnen. Für eine Menge von Handlungen reicht dieser nervöse Zentral-

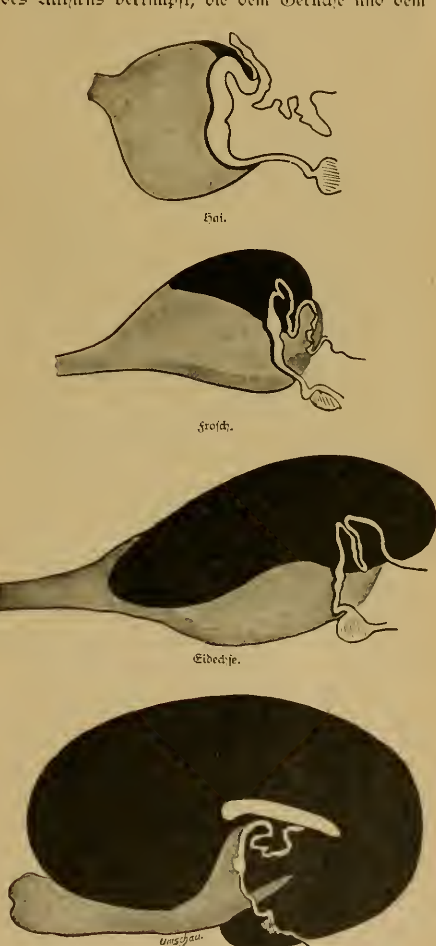
apparat völlig aus, ebenso für alle dem Tiere notwendigen Eindrücke. An das Althirn ist nicht nur die ganze Tätigkeit geknüpft, die man gewöhnlich als Reflextätigkeit bezeichnet, hier sind auch alle Instinkte lokalisiert. Die Flucht bei unerwarteten Eindrücken, die Wanderungen, der Nestbau, die Liebesspiele und so manches andere kommen schon bei den Knochenfischen vor. Sie lernen auch schon in bescheidenem Maße, und wenn sie auch in der Regel auf ganz bestimmte Sinnesreize mit der Entladung bestimmter Bewegungskombinationen antworten, so kann ihr Gehirn doch auch lernen, einen neuen Sinneseindruck mit einer Bewegungskombination zu verknüpfen, die vorher nicht darauf angesprochen hatte.

Prof. Edinger schlägt vor, diese niederste Art von Assoziation mit dem Namen Bilden von Relationen zu bezeichnen, den Ausdruck Knüpfen von Assoziationen aber zu reservieren für die nach dem Auftreten des Neuhirns zu beobachtende ganz anders geartete Tätigkeit des Gehirns. Für beide Vorgänge sind so ganz verschiedenartige Apparate erforderlich, daß die Trennung wohl gerechtfertigt erscheint.

Da das Urhirn sicher ganz unverändert fortbesteht, auch wenn sich ihm ein Neuhirn von noch so großer Ausbildung zugesellt, so liegt kein Grund vor, die bei einer Tierklasse einmal als paläencephal erkannten Handlungen etwa bei höheren Tieren anders aufzufassen und ihnen im Gehirn ein anderes Zentrum anzuweisen. Vielmehr ist nun eine ganze Reihe von Handlungen als allen Wirbeltieren gegeben anzusehen und zu untersuchen, wie sich auf ihnen neuartige aufbauen, wenn dem Urhirn sich ein neuer Hirnteil zugesellt.

Die allein mit dem Urhirn arbeitenden Tiere müssen, wenn dieses keine Assoziationen (unwillkürliche Verbindungen einer neuen Empfindung mit einer im Gehirn schon vorhandenen Vorstellung) bilden kann, durch viele Sinneseindrücke unberührt bleiben, auf die wir nach unserem Wissen von den tierischen Sinnesorganen irgend eine Antwort durch Bewegungen erwarten. Die Eidechse, die so scheu ist, daß ein unerwartetes Beschatten, eine geringe Erschütterung durch einen Tritt sie in die Flucht treibt, bleibt ruhig sitzen, wenn man dicht über ihrem Kopfe mit einem Stein schlägt, wenn man laut schreit, singt und poltert. Sie verbindet mit dem neuen Geräusche, das sie biologisch sonst nie trifft, so wenig, wie etwa der Europäer mit einer chinesischen Warnungstafel, die vor einem Abgrunde retten soll. Dem Tiere fehlt noch der ganze Apparat, neue Erregungen auf die alten ererbten Bewegungskombinationen zu übertragen. Viele niedere Wirbeltiere erscheinen uns zunächst taub, obwohl sie offenbar das, was sie angeht, ganz gut hören. So sehen wir uns gezwungen, die Sinnesreize einzuteilen in biologisch angemessene und in nur assoziativ wirkende.

Aus kleinen Anfängen, die schon beim Hai nachweisbar sind, entwickelt sich im Dache der Hirnblase das Neuhirn, der Träger der Hirnrinde, bei den Amphibien und namentlich bei den Reptilien immer deutlicher werdend. Durch zahllose Verbindungen in sich gibt dieser Apparat die Möglichkeit von Assoziationen; schon an den ersten Rindenspuren sind diese Verbindungen so massenhaft, daß man sie kaum überschauen kann, bei den Eidechsen z. B. ist das enge Maschenwerk schier unentwirrbar. Nach den Untersuchungen Prof. Edingers ist jetzt mit Sicherheit anzunehmen, daß die älteste Neuhirnrinde sich zunächst mit den Teilen des Althirns verknüpft, die dem Geruche und dem



Schema zeigt die allmähliche Zunahme des Neuhirns. Paläencephalon (Urhirn) grau und Neencephalon (Neuhirn) schwarz.

Oralsinn dienen, und daß erst ganz allmählich andere Rindengebiete sich dazugesellen. Mit dem Auftreten des Neuhirns aber ändert sich das Verhalten des Tieres durchaus, wie durch eine Anzahl Beispiele an Fischen, Amphibien und Reptilien nachgewiesen wird. Zwischen den Reptilien und Amphibien, welch letztere fast nur mit dem Urhirn arbeiten, bestehen im psychologi=

schen Verhalten unverkennbare Unterschiede. Die Reptilien sind nicht mehr wie die Frösche z. B. immer von augenblicklichen Sinneseindrücken abhängig; es wirken auch frühere auf sie, ferner assoziieren sie einige Sinneseindrücke, die auf dem Gebiete des Geruch- und Oralsinnes liegen, miteinander und verwenden sie zum Erkennen; endlich lernen sie leichter als Fische und Lurche, sehen gelegentlich etwas voraus und zeigen innerhalb der gleichen Art individuelle Charakterunterschiede.

Aus dem Gehirn der Reptilien lassen sich zwei verschiedene Gehirntypen ableiten, diejenige der niederen Säuger und diejenige der Vögel. Die erstere entsteht durch Vergrößerung der Hirnrinde. Bei den Vögeln entwickelt sich die Rinde weiter als bei den Reptilien, die wesentliche Zunahme der Hirnmasse erfolgt aber durch Vergrößerung des Urhirns, dessen einzelne Teile hier eine Vollkommenheit erreichen, wie nirgends sonst. Fast alle Teile dieses Paläencephalon bei den Vögeln sind mit der Hirnrinde verbunden, speziell der Hirnteil für den Oralsinn (Schnabel usw.) ist ganz enorm, und aus den optischen Endstätten laufen besonders viele Fasern zur Hinrinde hin.

Nach diesem Bau des Gehirns der Vögel darf man von vornherein die Vermutung aufstellen, daß bei ihnen die instinktiven Handlungen von einer besonderen Vollkommenheit und Reichhaltigkeit sein müssen (Nestbau, Wanderung, Liebesspiele), daß aber auch eine Anzahl von Assoziationen möglich sein muß, die größer als die den Reptilien zur Verfügung stehende ist. Weil die Vollkommenheit der zahlreichen festen Instinkte der Vögel so groß ist, gelingt es nicht immer, die von der Hirnrinde bedingten Handlungen von den Instinkten zu unterscheiden. Sicherlich sehen und erkennen die Vögel nicht nur, und einzelne optische Eigenschaften des Gesehenen ermöglichen ihnen oft, auf das Ganze zu schließen, sondern man muß auch annehmen, daß sie Erinnerungsbilder des Gesehenen haben und benützen, da sie ihr Handeln oft lange fort nach dem Gesehenen einrichten. Auch das Hören ist nicht immer mehr ein paläencephales, sondern geht oft darüber hinaus, wenn z. B. Rabenvögel oder Papageien lernen, auf den Ruf ihres Namens herbeizukommen, wenn viele Vogelarten lernen, vorgepfiffene Melodien, ja vorgesagte Worte nachzuahmen. Irgend ein Beweis, daß die Papageien die Sprache verstehen, ist allerdings trotz zahlreich vorhandener Anekdoten bisher nicht überzeugend geliefert. Aber Zeichen wirklicher Intelligenz sind bei den Vögeln zweifellos vorhanden, bei den Reptilien nicht. Auf dem Vorhandensein der Großhirnrinde dürfte es auch beruhen, daß man die Vögel besonders leicht zähmen und zu einer ganzen Anzahl von Handlungen abrichten kann.

In der Reihe der Säugetiere endlich tritt uns ein Gehirn mit so großem Neencephalon entgegen, daß wir ein Zurücktreten der Reflexe und Instinkte hinter die assoziativen Intelligenzhandlungen erwarten dürfen. Das ist in der Tat bei denjenigen Säugern der Fall, wo die Masse des Neuhirns beträchtlich mehr als die Hälfte des ganzen Großgehirns beträgt. Aber bei vielen Familien wird das bei den Vögeln etwa herrschende Verhältnis kaum überschritten, so beim Igel und Maulwurf. Fast bei allen Nagern halten sich die beiden Abschnitte etwa die Wage, was mit dem Wenigen, was wir über die Intelligenz dieser Tiere wissen, sehr gut in Einklang steht. Genauere Untersuchungen über die Funktion der einzelnen Gehirnrindefelder bei Säugetieren und Menschen werden später einmal zeigen, was sie leisten; heute tappen wir bezüglich der meisten Rindengebiete noch völlig im Dunkeln.

Folgendes glaubt jedoch Prof. Edinger aus der Anatomie des Säugerhirns schon feststellen zu können: Es ist sicher falsch, dem Menschen auf allen Gebieten das größte Assoziationsvermögen zuzuschreiben. Die Ausbildung einzelner Rindengebiete läßt es vielmehr als durchaus wahrscheinlich erscheinen, was die populäre Meinung längst lehrt: daß nämlich viele Säugetiere auf bestimmten Einzelgebieten in bezug auf Beobachtungsgabe und Assoziationsfähigkeit dem Menschen weit überlegen sind.

Im Anschlusse über das, was oben über die Verzweigungen des Trigeminusnervs gesagt ist, erscheint bemerkenswert eine Vermutung, die Dr. med. E. Wölfflin über den Fernsinn der Blinden ausspricht. Er unterscheidet diesen, den nicht alle Blinden besitzen und der auch bei den glücklichen Besitzern in sehr verschiedenem Maße auftritt, von dem sogenannten Orientierungssinn, der sich aus einer Anzahl von Bestandteilen (Gehör, Geruch, Temperatursinn) zusammensetzt und von dem der Fernsinn nur einen, allerdings sehr wichtigen Faktor ausmacht. Die Blinden selbst verlegen den Sitz des Ferngefühles in die Stirn und ihre nächste Umgebung. Die Empfindung ist nach ihrer Angabe unbestimmter Natur, am ehesten mit einer leisen Berührung vergleichbar. Möglicherweise ist der Fernsinn eine Funktion der sensiblen Fasern des ersten Astes des Nervus trigeminus, der sich im Gesicht verzweigt. Es bleibt dann die Frage zu entscheiden, ob diese Fernempfindung, die den Blinden an vollkommen unbekannten Örtlichkeiten mit einer auffallenden Sicherheit ohne Anstoßen sich bewegen läßt, die für den Druck- und Ortsinn bestimmten Nervenbahnen benützt, oder ob sie durch eigene Nervenfasern vermittelt wird. Es wäre praktisch wie theoretisch sehr wünschenswert zu erfahren, unter welchen Bedingungen der Fernsinn beim Blinden zu möglichst hoher Entwicklung gebracht werden könnte.

Magenfragen.

Zum Studium der Vorgänge im Verdauungskanal hat man sich lange vorwiegend des Reagenzglases bedient, in dem sich die Einwirkung der verschiedenen Verdauungssäfte auf die Nahrung anscheinend äußerst bequem und sicher feststellen ließ. Prof. Dr. Abderhalden hat nun in einer Arbeit über die Physiologie der Verdauung nachgewiesen, daß diese Methode doch vielfach zu irrigen Annahmen geführt hat.*)

*) Zeitschr. für ärztl. Fortbild., VI. Jahrg. (1909), Nr. 5.

Sehen wir von dem ersten Verdauungssaft, dem Speichel, ab, dessen Ferment, die Diastase, die Stärke besonders in gekochtem Zustand leicht zerlegt, so finden wir im Magen zunächst ein Ferment, das die Eiweißkörper angreift und in lösliche, besonders in diffundierbare (durch die Wände des Verdauungskanals hindurchtretende) Produkte überführt. Außer diesem Pepsin und dem sogenannten Labferment, welches Kasein fällt, sollte, wie man lange annahm, im Magen noch ein Ferment vorhanden sein, das Fett angreift, so daß nach neueren Angaben im Magen sogar eine sehr ausgiebige Fettverdauung stattfände. Ob der Magen tatsächlich ein Ferment, eine Lipase, abgibt, das Fett abbaut, ist jedoch noch sehr zweifelhaft, und zwar aus dem Grunde, weil dann, wenn man einem Hunde viel Fett gibt, aus dem Zwölffingerdarm Inhalt in den Magen zurücktritt, also eine Darmbewegung stattfindet, die der gewöhnlichen entgegengesetzt ist. Dadurch treten Galle, Pankreassaft und Darmsaft in den Magen über und diese mögen den Fettabbau bewirken.

Eine Verdauung der Kohlehydrate (Stärke usw.) findet vom Magen aus bekanntlich nicht statt, indem der Magen kein Ferment liefert, das diese Stoffe angreift. Doch dauert die Kohlehydratverdauung so lange weiter, wie der Speichel nicht vom Magensaft neutralisiert ist. Ersterer reagiert schwach alkalisch, letzterer stark sauer. Sobald die saure Einwirkung überwiegt, hört die Verdauung der Kohlehydrate auf.

Lange Zeit herrschte die Ansicht, daß die Nahrungsstoffe im Magen durch rasche und durchgreifende Vermengung in ein homogenes Gemisch verwandelt würden. Diese Ansicht ist unrichtig, es hat sich vielmehr gezeigt, daß nicht eine Mischung, sondern eine Schichtung stattfindet, was durch Versuche mit verschieden gefärbter Nahrung beim Hunde sicher festgestellt ist und sich beim Menschen ebenso verhalten wird. Diese Schichtung bleibt lange bestehen.

Sehr intensiv setzt die Verdauung im Darmkanal ein. Die Pankreasdrüse liefert Fermente, die sowohl Kohlehydrate und Fette als auch Eiweißkörper angreifen, und die Darmwand selbst mit den in ihr lagernden Drüsen gibt ein Sekret, den Darmsaft, ab, der ebenfalls jene drei Stoffklassen abbaut.

Soviel etwa läßt sich über die Verdauung auch im Reagenzglase feststellen, aber diese Befunde lassen sich nur in sehr beschränktem Maße auf den lebenden Organismus übertragen. Wie lange z. B. dauert es, bis Eiweiß im Glase mittels des Pankreassaftes in die einfachsten Bausteine der Eiweißkörper, die Aminosäuren, zerlegt ist! Wochen, ja Monate. Im Magendarmkanal erfolgt im Gegensatze hiezu die Verdauung sehr rasch. Der Grund dieses verschiedenen Verhaltens aber ist offenbar der, daß im Reagenzglase die Abbauprodukte liegen bleiben, sich häufen, während im Magendarmkanal mit der Verdauung Hand in Hand die Resorption (Auffangung) des Verdauten geht. Ist Spaltung eingetreten, so werden die Produkte gleich resorbiert und es fällt die Hemmung fort.

Mit Hilfe einer die wirklichen physiologischen Verhältnisse ungestört lassenden operativen Technik hat der russische Forscher Pawlow gezeigt, daß die einzelnen Drüsen des Verdauungskanals außerordentlich zweckmäßig arbeiten. Die Speicheldrüsen z. B. reagieren ganz genau auf den Feuchtigkeitsgehalt der Nahrung, geben bei trockener Nahrung viel, bei feuchterer weniger Speichel her. Wieviel schon beim Hunde hiebei die Vorstellung dessen, was kommen müßte, tut, zeigen einige interessante Beispiele. Pawlow gab einem Hunde Fleisch und ließ dabei immer einen ganz bestimmten Ton ertönen. Bei anderen Tonarten bekam das Tier niemals etwas zu fressen, sondern immer nur, wenn der betreffende Ton angeschlagen wurde. Nach kurzer Zeit fließt auch dann Speichel, wenn der Freßton erklingt, ohne daß eine Fütterung erfolgt. Der Hund erinnert sich also beim Hören des Tones an das Fleisch, der Ton löst bestimmte Vorstellungen bei ihm aus.

Die Magensekretion ist nicht nur von der eingeführten Nahrung, sondern auch von psychischen Affekten abhängig. Es ist von der größten Wichtigkeit, ob mit Appetit*) gegessen wird, oder ohne diesen. Gibt man einem Hunde Fleisch zu fressen, so ergießen sich in kurzer Zeit außerordentlich große Mengen Magensaft. Führt man ihm dagegen das Fleisch, ohne daß er es weiß, durch eine Magenfistel, eine künstliche Öffnung des Magens, ein, so erhält man viel weniger Magensaft. Der Ärger hemmt die Magensaftabsonderung sofort. Zeigt man dem Hunde mit der Magenfistel (welche die Beobachtung der Saftsekretion zuläßt) eine Katze, so ärgert er sich und die Magensekretion hört sofort auf.

Auch die sehr zweckmäßig arbeitende Pankreasdrüse ist von psychischen Reizen abhängig. Man kann ihre Sekretion direkt anregen, indem man einem Hunde Fleisch zeigt. Dann beginnt die Pankreasdrüse sofort zu arbeiten, und auch der Darmsaft fließt nur dann, wenn er infolge Verabreichung von Nahrung eine Funktion zu erfüllen hat. Schon diese wenigen Angaben zeigen, wie außerordentlich kompliziert der Mechanismus der Verdauung ist und von wieviel Faktoren ihr normaler Verlauf abhängt.

Eine sehr wichtige Funktion des Magendarmkanals ist der Mechanismus der Magenentleerung, die sich in einem ganz bestimmten Rhythmus vollzieht. Die Öffnung des Magenausganges nach dem Darm ist von einer ganz spezifischen Reaktion abhängig. Der Magen enthält in ziemlich reichlicher Menge (0·5 Prozent) Salzsäure; wenn diese nun mit dem Speisebrei in den Zwölffingerdarm, den obersten Darmabschnitt, übertritt, so erfolgt ein Reiz, der bewirkt, daß der Pförtner, der Muskel am Magenausgange, sich schließt. Er bleibt so lange geschlossen, bis die Säure im Zwölffingerdarm neutralisiert ist. Erst wenn die Säure durch das Alkali des Darm- und Pankreassaftes und der Galle abgestumpft ist, öffnet sich der Pförtner wieder; eine weitere Portion Speisebrei schießt

*) Der noch sehr dunkle Begriff Appetit wird im Zentralbl. für Physiol. 1909 von Dr. W. Sternberg in seiner Wichtigkeit beleuchtet.

hervor und dann schließt sich der Pförtner wieder aus derselben Ursache. Die Säure wirkt dabei als Reiz.

Was nun den Chemismus der Verdauung, die von den Verdauungssäften bewirkten chemischen Zerlegungen der Nahrungsstoffe, angeht, so läßt er sich in folgende Sätze zusammenfassen: Die Verdauung hat nicht nur den Zweck, die Nahrung in lösliche, diffundierbare Produkte umzuwandeln, sondern auch den viel wichtigeren und weitergehenden, die Nährstoffe vollkommen zu den einfachsten Bausteinen abzubauen, die keinen speziellen Charakter mehr zeigen, gewissermaßen nicht mehr an die ursprüngliche Nahrung erinnern. Aus diesen einfachsten Bausteinen vermag der Organismus dann erst diejenigen Produkte aufzubauen, deren er bedarf. So bildet der Darmkanal gewissermaßen einen Wall zwischen Außenwelt und Innenwelt.

Eine Frage, die sich auch dem Laien aufdrängt, nämlich das Problem, wie es kommt, daß der alles verdauende Magen sich nicht selbst verdaut, hat Dr. M. Katzenstein auf dem Wege des Experiments zu lösen versucht.*) Anfänglich schien es, als ob lebendes Gewebe an sich dem Verdauungssafte des Magens widerstehe. Nach Einpflanzung verschiedener Gewebe in den Magen eines Hundes stellte sich jedoch heraus, daß lebender Darm des Tieres vom natürlichen Magensafte im eigenen Darm verdaut wird; ebenso verhielt sich die in den Magen überpflanzte Milz. Dagegen wurde äußere Magenwand, in die Höhlung des Magens hineingebracht, nicht verdaut und ebenso widerstand der an den Magen sich anschließende erste Teil des Dünndarms, dessen Wandungen auch sonst von den Magensäften umspült werden. So ergab sich denn, daß das Leben des Gewebes als solches seine Verdauung nicht zu verhindern vermag, daß aber die Gewebe, die den Magensaft produzieren oder dauernd von ihm umspült werden, infolge eines Anpassungsvorganges seiner Wirkung widerstehen. Weiter ließ sich nachweisen, daß diese Eigenschaft der Magenwand nicht an das Leben der Zellen gebunden ist, sondern daß auch die tote Magenschleimhaut einen Stoff enthält, welcher der Wirkung des Magensaftes entgegenarbeitet.

Diese Tatsache, daß der Magen und seine nächste Umgebung einen Schutzstoff gegen die Wirkung des Magensaftes enthält, ist nicht ohne Analogie in der Natur. Dr. Katzenstein weist auf die im Magen anderer Tiere lebenden Parasiten hin, die ebenfalls durch einen wirksamen Gegenstoff, ein Antiferment, vor der Verdauung durch den Magensaft geschützt sind. Auch hier liegt ein außerordentlich interessanter Anpassungsvorgang vor, ohne den die Existenz dieser Schmarotzer nicht möglich wäre.

In nahem Zusammenhange mit den Verdauungsvorgängen steht die Tätigkeit der Milz, über deren Funktion H. Grossenbacher**) eine Untersuchung angestellt hat. Angeregt durch das Vorkommen von eisenhaltigen Ablagerungen in der Milzpulpa und den unter Umständen ziemlich hohen Eisengehalt der Milz, untersuchte er den Eisenstoffwechsel bei normalen und ihrer Milz beraubten Hunden desselben Wurfes. Es zeigte sich, daß bei den letzteren die tägliche Eisenausscheidung beträchtlich größer ist als bei Hunden mit Milz, gleichviel ob die entmilzten Tiere mit Fleisch gefüttert oder im Hungerzustand erhalten wurden. Da die Erscheinung an zwei verschiedenen Würfen beobachtet wurde, kann sie nicht auf einem Zufall beruhen. Beim normalen Hunde betrug die größte tägliche Eisenausscheidung 11·20 Milligramm, beim milzlosen 29·22 Milligramm; die kleinste tägliche Ausscheidung war bei letzterem 18 Milligramm. Da die erhöhte Eisenausscheidung noch in der zehnten Woche nach Entfernung der Milz festzustellen war, so gehört sie nicht zu den Erscheinungen, die durch das Einspringen anderer Organe nach einigen Wochen ausgeglichen werden können. Auf Grund dieser Versuche ist die Milz als ein Organ des Eisenstoffwechsels anzusehen; sie dient u. a. dazu, Eisen, das im Stoffwechsel frei wird, dem Organismus zu erhalten, eine sehr wichtige Funktion, da wir wissen, wie schwer es hält, bei Eisenarmut des Blutes diesem neues Eisen auf dem Verdauungswege einzuverleiben.

*) Die Umschau, XIII, Nr. 7.

**) Zentralbl. f. Physiol., Bd. 22 (1908), S. 375.

Das Blut.

Die Neubildung der menschlichen Blutzellen hat Dr. H. Schridde*) zum Gegenstand eines eindringenden Studiums gemacht. Bekanntlich schwimmen in dem die Blutgefäße oder Adern durchströmenden klaren Blutwasser oder Blutplasma zweierlei Zellen, die roten Blutkörperchen oder Erythrozyten, die dem Blute die rote Farbe verleihen, und die weißen Blutkörperchen, die Leukozyten und Lymphozyten. Von den ersteren enthält ein Kubikmillimeter Blut eines Erwachsenen durchschnittlich vier Millionen, von den letzteren nur acht- bis zehntausend. Alle diese Körperchen haben nur eine gewisse Lebensdauer und gehen schließlich zu Grunde, der Körper muß sie also ersetzen, da sonst krankhafte Zustände entstehen.

In den ersten Wochen des Keimlebens im mütterlichen Organismus wird im Körper des Embryos selbst noch kein Blut gebildet. Dagegen gehen in einem sackförmigen Anhängsel, dem sogenannten Dottersack, in besonderen Hohlräumen aus den Wandzellen, die diese Blutgefäße auskleiden, die hämoglobinhaltigen primären Erythroblasten hervor, die ersten Blutzellen des Menschen. Bald jedoch tritt das zuerst nur im Dottersack vorhandene Blutgefäßnetz auch im Embryo selbst auf und schon frühzeitig kommt es zur Anlage des Herzens. Auch im Embryo bilden sich die primären Erythroblasten aus den Wandzellen der Blutgefäße, vermehren sich dann aber mehr und mehr durch eigene Teilung. In dieser ersten Epoche der menschlichen Blutbildung ist also im Blute nur eine einzige Art von körperlichen Blutelementen vorhanden. Diese Epoche dauert bis zum dritten Monat des embryonalen Lebens und

*) Die Umschau, XIII, Nr. 9.

tritt später unter normalen Verhältnissen niemals wieder in Erscheinung.

Eine neue Phase der Blutbildung beginnt schon während der ersten Epoche, ungefähr in der fünften Woche. Es kommt eine neue Generation von Blutzellen zum Vorschein, die auch die Zellen des hauptsächlichsten Blutbereitungsorgans beim entwickelten Menschen sind. Auch sie werden von den Blutgefäßwandzellen gebildet, finden sich nach und nach in kleinen Herden, gleichsam Brutstätten, über die ganze Leberanlage verteilt und sind dreierlei Art: Mutterzellen der roten Blutkörperchen, Vorstufen der Leukozyten, welche die Hauptmasse der weißen Blutkörperchen ausmachen, und Riesenzellen, eigenartig beschaffene sehr große Zellen.

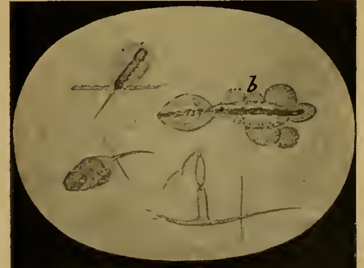
In den Mutterzellen der roten und weißen Blutkörperchen vollziehen sich in der Folgezeit Veränderungen, die zu den eigentlichen Blutkörperchen hinüberleiten. In den ersteren, den hämoglobinhaltigen Erythroblasten, verliert der Zellkern seine Struktur, verklumpt und zerfällt schließlich, und indem die Kernbröckel sich in der Zelle auflösen, entsteht ein kernloses, zelliges Gebilde: das eigentliche rote Blutkörperchen, der Erythrozyt. In etwas anderer Weise bilden sich aus den Vorstufen der weißen Blutkörperchen, den Myeloblasten, die Leukozyten; sie werden in den ersten Monaten des embryonalen Lebens nur in geringem Maße gebildet und finden sich daher zuerst nur sehr spärlich im Blute. Nach und nach aber wandern sie in zunehmender Weise in die Blutbahn.

Die zweite Blutbildungsphase nimmt ihren Anfang in der Leber, die für eine geraume Zeit noch die hauptsächlichste Blutbereitungsstätte des embryonalen Körpers bleibt. Später aber erscheinen fast an allen Orten, wo sich Blutgefäße befinden, auch Blutbildungsherde, welche Erythroblasten, Myeloblasten und Riesenzellen produzieren. Im dritten Embryonalmonat beginnt dann in den Knochenanlagen die Entwicklung des Knochenmarkes, das die Blutbildung mehr und mehr übernimmt und schließlich im entwickelten Körper das eigentliche Blutbildungsorgan wird. Auch die Milz bildet eine Zeitlang reichlich Blutkörperchen in gleicher Weise wie die Leber, aber die blutbildende Funktion beider nimmt allmählich wieder ab; zuerst erlischt sie in der Milz, dann in der Leber, die andere Funktionen im menschlichen Körper zu erfüllen hat.

Aber auch das Knochenmark zeigt im ausgebildeten Organismus in den verschiedenen Lebensaltern eine auffallende Verschiedenheit hinsichtlich der örtlichen Lage der Blutbereitungsstätte. In der ersten Zeit des kindlichen Lebens ist es in allen Knochen in Funktion. Nach und nach zieht es sich jedoch mehr und mehr auf bestimmte Stellen zurück. Es verschwindet vor allem aus den langen Röhrenknochen der Arme und der Beine und wird dort durch gewöhnliches Fettgewebe ersetzt, ein Zustand, der beim Erwachsenen die Regel ist. Funktionierendes, d. h. Blutzellen bildendes Knochenmark ist dann nur noch im Brustbein, in den Rippen, den Wirbelkörpern und den Schädelknochen vorhanden. Nur hier sehen wir rot erscheinendes Gewebe, während die langen Röhrenknochen das gelb aussehende Fettgewebe enthalten.

Bei bestimmten Krankheiten können jedoch auch andere Stellen wiederum zur Blutbildung schreiten. Es handelt sich dabei um solche Krankheiten, bei denen im kreisenden Blute Blutzellen in übermäßiger Zahl zu Grunde gehen oder dem Blute entzogen werden. Bei lang andauernden, Wochen und Monate anhaltenden Blutungen sucht der Körper diesen Verlust zu decken, denn eine bestimmte Menge von Blutzellen ist zur Erhaltung des Lebens notwendig.





Blutkörperchen des Menschen a rote, b weiße, letztere mit abgetöteten Sporen.

Dann erwacht in den schon vom Fettgewebe erfüllten Röhrenknochen das Vermögen der Blutbildung wieder, es erscheint an Stelle des gelben Fettes rotes, tätiges Knochenmark, das wieder Leukozyten und Erythrozyten bildet.

Bei anderen Krankheiten, den Anämien, kommt es zu einem das physiologische Maß manchmal hochgradig überschreitenden Zugrundegehen der Blutelemente, besonders der roten Körperchen. Dann reicht vielfach auch das in den Röhrenknochen neugebildete Mark nicht aus, den Bedarf an Blutzellen zu decken und der Körper besinnt sich dann gleichsam auf die Blutbereitungsstätten, die ihm im embryonalen Leben zu Gebote standen: die Milz und vor allem die Leber beginnen wieder Blut zu bilden. Letztere zeigt bei hochgradigen Anämien ein Bild, das gleichsam eine Kopie der embryonalen Leber bildet. Auch sonst noch kann in solchen Fällen überall da im Körper Blutbildung auftreten, wo sie im embryonalen Zustand stattfand, und wir beobachten mit Erstaunen, in wie hohem Grade der Körper befähigt ist, sich gegen Schädigungen seiner Säfte und Gewebe zu wehren.

— Werfen wir nun noch einen Blick auf die weißen Blutkörperchen, die Leukozyten.

Welche wichtige Rolle die weißen Blutkörperchen als Phagozyten bei der Abwehr und Überwindung von Infektionskrankheiten spielen, dürfte bekannt sein. Die Physiologen wissen seit geraumer Zeit, daß die Zahl der weißen Blutkörperchen besonders nach Aufnahme eiweißreicher Nahrung bedeutend zunimmt und ihren Höhepunkt in drei bis vier Stunden nach der Nahrungsaufnahme erreicht. Ähnliches wurde bei Tieren festgestellt und bei der Gelegenheit zeigte sich, daß einzelne Nährstoffe, wie Kohlenhydrate, Fette, Salz, Fleischextrakt, diese Verdauungsleukozytose bei Hunden nicht zu bewirken vermögen, während nach Fleisch-, Pepton- und Leimpeptonfütterung eine Vermehrung der weißen Körperchen eintrat. Pferde und Hauswiederkäuer zeigten dagegen überhaupt keine Verdauungsleukozytose im Sinne der menschlichen. Aus allen Beobachtungen ergäbe sich nach Dr. J. Just*) zwischen den Fleisch- und den Pflanzenfressern der grundsätzliche Unterschied, daß bei den Fleischfressern nach der Aufnahme der gewöhnlichen Nahrung die Vermehrung der weißen Blutkörperchen oder Leukozyten deutlich hervortritt, während dies bei den Pflanzenfressern nicht der Fall ist.

Die Ursache dieses verschiedenen Verhaltens könnte teils auf der Verschiedenheit des anatomischen Baues des Verdauungsapparats, teils auf der verschiedenen Nahrung beruhen. Diejenige der Fleischfresser ist eiweißreich und leichter verdaulich, die der Pflanzenfresser im Vergleich mit der Fleischfressernahrung eiweißarm und schwerer verdaulich. Es ließe sich daraus schließen, daß die Verdauungsleukozytose nach der üblichen Nahrungszufuhr bei den Karnivoren deswegen auftritt, weil sie stets sehr eiweißreiche Stoffe fressen und weil diese nach den Untersuchungen Pohls von allen Nährstoffen allein die Vermehrung der Leukozyten hervorzurufen vermögen.

Um genau festzustellen, ob nur die Eiweißarmut der Nahrung der Pflanzenfresser oder ein anderer Grund die merkliche Vermehrung der weißen Blutkörperchen verhindere, stellte Dr. Just Versuche mit Kaninchen an, weil der Magen dieser Herbivoren im Verhältnis zu dem Wiederkäuermagen einfach und die Leukozytose hier leicht kontrollierbar ist. Als Nährstoffe für diese Versuche wurden Wasser, Zucker, Fett, Eiweiß (als Eieralbumin und als Legumin) und Pepton gewählt; sie wurden den Tieren neben einem bestimmten Heuquantum (um Verdauungsstörungen zu vermeiden) gegeben, und zwar mittels einer Schlundsonde direkt in den Magen. Es zeigte sich, daß alle diese Nährstoffe bei Kaninchen auf die Zahl der weißen wie auch der roten Blutkörperchen keinen Einfluß ausüben, sie weder merklich vermehren noch vermindern, daß also hinsichtlich des Verdauungsprozesses ein wesentlicher Unterschied zwischen Karnivoren (Hunden) und Pflanzenfressern (Kaninchen) besteht.

Bekannt sind den Lesern die Versuche Bordets, Nuttalls u. a., mit Hilfe von Serum die Verwandtschaft von Tierarten nachzuweisen (s. Jahrb. IV, S. 129). Kraus hatte gezeigt, daß das Blutwasser (Serum) von Tieren, in deren Blutbahn gewisse, von Bakterien erzeugte Eiweißstoffe gebracht waren, sich nach einiger Zeit veränderte. Abgesehen von anderen Eigenschaften gab es im Probierglase auch mit dem gleichen Stoffe, der vorher eingespritzt war, Niederschläge und diese Niederschläge waren artlich bestimmt oder spezifisch, d. h. sie traten nur bei Stoffen der gleichen Bakterienart auf. Späterhin wurde ein gleiches Verhalten auch für tierische Eiweißstoffe und besonders für artfremde Sera festgestellt. Diese Beobachtungen erwiesen sich als sehr wichtig in doppelter Hinsicht. Erstens waren sie nutzbar zu machen für die Unterscheidung von Tier- und Menschenblut, und manche Gerichtsverhandlung hat seitdem die Wichtigkeit dieser Untersuchungsmethode dem großen Publikum dargetan. Dann aber zeigte diese sogenannte Bordetsche Reaktion noch eine weitere Eigenschaft. Es erwies sich, daß das mit einem fremden tierischen Blute behandelte Serum nicht nur mit dem gleichen artfremden Blut Niederschläge ergibt, sondern auch mit dem nahe verwandter Tierarten. So durfte man umgekehrt wohl auch den Schluß ziehen, daß, wenn ein mit artfremdem Blute behandeltes Serum mit dem Blute derselben Tierart und außerdem mit dem Blute anderer Spezies Niederschläge bildete, dies dann auf eine in der Stammesentwicklung begründete, genetische Verwandtschaft schließen lasse.

Es lag nun der Gedanke nahe, das, was im Tierreiche so glänzend gelungen schien, auch auf das Pflanzenreich anzuwenden, wo die Verwandtschaftsbestimmung oft so großen Schwierigkeiten begegnet, daß ein physiologisches Hilfsmittel hier hochwillkommen wäre. Prof. H. Friedenthal ist im Verein mit W. Magnus dieser Frage nähergetreten und hat sie, allerdings erst für einen Fall, bejahend gelöst.*)

Nach den Nuttallschen Versuchen war die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß auch gegen pflanzliche Säfte das mit ihnen vorbehandelte Serum entsprechend wie für Bakterien und höhere Tiere gegenüber den einzelnen beziehungsweise verwandten Arten reagieren würde, und die beiden Forscher erprobten dies an zwei Pilzformen, die, nach ihrer Gestalt und Ernährung durchaus verschieden, doch auf Grund ihrer Sporenbildung und Sporenzahl von den Botanikern für nahe verwandt angesehen werden: die Bierhefe und die Trüffel. Zum Vergleiche wurde ein Vertreter einer ganz anderen Pilzreihe, der Champignon, herbeigezogen, um seine etwaige Verwandtschaft zu den ersteren festzustellen.

Es wurde verschiedenen Versuchstieren der Saft von Hefe, Trüffel und Champignon eingespritzt und das Entstehen von Niederschlägen in den Reagenzgläsern beobachtet. Champignonserum ergab nur mit Champignon eine rasch eintretende starke Trübung, die Anzeige der Gleichartigkeit, mit Hefe und Trüffel fast gar keinen Niederschlag; auch das Serum des Trüffeltieres gab nur mit

*) Zentralbl. f. Physiol., Bd. 23 (1909), Nr. 12.

*) Berichte der deutsch. bot. Gesellsch., 24. Jahrg., Heft 10.

Trüffelsaft Niederschläge. Dagegen wird das Serum des Hefetieres auch von Trüffelsaft präzipitiert, woraus sich schließen läßt, daß die Hefe zur Trüffel in näherer verwandtschaftlicher Beziehung steht als zum Champignon. Mit Recht also wird



Paläolithische Fundstätte Le Moustier. Zwischen den beiden Häusern die Grotte mit dem Skelett des „Jünglings von 400.000 Jahren".

die Hefe zur Trüffelverwandtschaft, den Ascomyceten, gerechnet, mit denen der Champignon, ein Basidiomycet, nichts zu tun hat.

Friedenthal vermutet, daß ganz speziell Kernstoffe der Zelle als wesentlicher Faktor bei der Verwandtschaftsreaktion zu betrachten sind. Das würde in Übereinstimmung stehen zu den von der modernen Zellehre begründeten Anschauungen, wonach der Zellkern der Träger der Vererbungssubstanzen ist. Gelänge es zu zeigen, daß die chemischen Eigenschaften der Kernstoffe verwandter Arten sich nur wenig voneinander unterscheiden, so könnten wir in ihnen wirklich die materielle Grundlage des von Nägeli theoretisch vorausgesetzten Idioplasmas sehen, das nur sehr langsam und schwer Veränderungen einzugehen geneigt ist. So scheint das nähere Studium dieser Verhältnisse bei Pflanzen berufen zu sein, nicht nur praktische Fragen über die verwandtschaftlichen Beziehungen der Arten zu lösen, sondern auch Ergebnisse von weittragender theoretischer Bedeutung für die Zellbiologie und Vererbungslehre zu liefern.

Der Diluvialeuropäer.

Das Jahr 1908 wird in den Jahrbüchern der Urgeschichte mit goldenen Lettern verzeichnet bleiben. Es hat uns zwei altdiluviale Skelette aus dem südlichen Frankreich, Überreste der uralten Neandertalrasse, sowie die ausführliche Beschreibung eines noch weit älteren Menschenrestes, des am 21. Oktober 1907 entdeckten Unterkiefers von Mauer bei Heidelberg, beschert und damit unsere Kenntnis vom Ureuropäer mit einem Schlage um ein Beträchtliches erweitert.

Auf den Fund eines altdiluvialen Skeletts in einer Höhle bei Le Moustier, das am 7. März 1908 entdeckt, vom 10. bis 12. August des Jahres in Gegenwart hervorragender deutscher Anthropologen und Urgeschichtsforscher gehoben wurde, folgte in demselben Monat die Entdeckung eines zweiten diluvialen Skeletts in der nur 50 Kilometer von Le Moustier entfernten Grotte von La Chapelle-aux-Saints im Departement Corrèze. Leider wurde bei der Bergung dieses wertvollen Fundes bei weitem nicht die Sorgfalt beobachtet, welche Otto Hauser und Prof. Klaatsch dem ersteren hatten angedeihen lassen. Von drei Geistlichen beim Graben nach Steinwerkzeugen in der genannten Grotte entdeckt, wurden die Knochen ohne genauere Feststellung der Fundumstände in einer Kiste dem Pariser Museum übersandt, wo Prof. M. Boule, wie weiter unten berichtet wird, die nötigen Untersuchungen vorgenommen hat.

Über das einem jugendlichen Individuum von 16 bis 18 Jahren angehörende, 148 Zentimeter lange Skelett von Le Moustier ist im vorigen Jahrbuche (VII, S. 216) ausführlich berichtet worden. An derselben Fundstätte, nur auf einer 10 Meter höher gelegenen Terrasse, hatten zu Ende der Fünfzigerjahre des 19. Jahrhunderts die Forscher Cartet und Christy zahlreiche Steinwerkzeuge gefunden, nach denen der Prähistoriker Gabriel de Mortillet die Kulturstufe des Menschen der vorletzten Eiszeit als Moustérien bezeichnete. Ein glücklicher Zufall wollte, daß sich unter den Grabbeigaben Feuersteingeräte der dem Moustérien vorhergehenden Kulturstufe, des sogenannten Acheuléen,*) fanden. Danach würde dieser Fund in die zweite Hälfte der überaus lange anhaltenden vorletzten Zwischeneiszeit gehören, deren



Die Grabbeigaben von Le Moustier: oben der Faustkeil vom Acheuléentypus, unten der Rundschaber.

*) Nach St. Acheul, einer Vorstadt von Amiens, einem berühmten Fundplatz von Werkzeugen dieser Art benannt.

Alter auf ungefähr 400.000 Jahre von der Gegenwart zurück datiert wird.

Im Gegensatze zu diesem „Jüngling von 400.000 Jahren", wie die Zeitungen ihn bezeichneten, gehört das Skelett von La Chapelle einem greisenhaften Individuum an. Geologisch gleichaltrig brauchen die beiden Skelette nicht zu sein, Prof. Klaatsch hält es für möglich, daß der Fund von La Chapelle uns zeitlich näher steht als der von Le Moustier; dafür sprechen die wenigen Angaben über die begleitende Tierwelt, unter denen das Renntier erwähnt ist, ein Befund, der unbedingt auf eine jüngere Periode des Diluviums



Schädel von Corrèze.

deutet. Ob in La Chapelle ebenfalls wie bei dem Jüngling von Le Moustier, eine primitive Bestattung vorlag, läßt sich nicht mit Gewißheit ersehen; es soll unter dem Kopfe ein Tierknochen die Stelle der beim Moustiermenschen gefundenen Kopfkissensteine vertreten haben.

Prof. Klaatsch*) teilt über die Besonderheiten des Schädels von La Chapelle-aux-Saints folgendes mit. Die französischen Gelehrten schreiben, daß der Schädel die Neandertalcharaktere übertrieben zeige, besonders die Überaugenwülste, die tatsächlich noch die des Original-Neandertalschädels übertreffen. Diese Erscheinung ist leicht begreiflich durch das greisenhafte Alter des Individuums. Die sogenannten Neandertalcharaktere steigern sich am Individuum mit der Zunahme des Alters, gerade wie bei den Menschenaffen. Die stärkere Entfaltung der Kaumuskulatur ist es, die auch die Überaugenwülste vergrößert; daher zeigt der jugendliche Schädel von Le Moustier dieselben weit weniger ausgeprägt (s. Abb. Jahrg. VII, S. 215). An dem unter Prof. Boules Leitung aus mehreren größeren Bruchstücken zusammengesetzten Schädel fehlen die Zähne gänzlich bis auf die zweiten Prämolarzähne der linken Seite. Die Molar- oder Mahlzähne waren bereits infolge greisenhafter Veränderung der Kiefer geschwunden.

*) Die Umschau, XIII, Nr. 12.

Die greisenhafte Natur des Schädels bringt, ganz ähnlich wie auch beim heutigen Europäer, eine relative Abnahme der Schädelhöhe mit sich. Dieses Zurückbleiben der Höhe gegenüber der Länge und Breite macht sich beim Schädel von La Chapelle (Corrèze) ganz besonders bemerkbar. Die Gehirnkapsel erscheint wie ein flacher Kuchen. Länge und Breite sind ungewöhnlich groß, die Höhe ungemein gering. An Länge, 208 Millimeter, kann weder ein moderner Menschenschädel noch einer der anderen Neandertalschädel mit ihm konkurrieren und in der Breite steht er mit 156 Millimetern ebenfalls an der Maximalgrenze. Zu den weiteren Merkmalen dieses Schädels, die sich nunmehr immer deutlicher als typische Neandertalmerkmale erweisen, gehören die bedeutende Höhe des Gesichtes, die gewaltigen runden Augenhöhlen, die mächtige Nasenöffnung, die, wenn der Defekt ergänzt wird, die gleiche Breite wie Höhe besitzt, und das Fehlen des Kinnvorsprunges. Auch die Schläfenregion zeigt den Neandertalcharakter. Irgend ein Hinweis auf eine an Menschenaffen erinnernde Bildung der Eckzähne fehlt, und trotz mancher Anklänge des Skeletts an die Menschenaffen, besonders den Gorilla, offenbaren sich die getrennten Bahnen der Entwicklungsrichtung doch deutlich genug am Gebisse.

Über das übrige Skelett des fossilen Menschen von La Chapelle-aux-Saints hat M. Boule*) einen Bericht veröffentlicht, aus dem hervorgeht, daß der Fund sich gut in die menschliche Gruppe einordnet, obwohl eine Mischung von Charaktermerkmalen vorhanden ist. Die einen sind nur bei den niedrigsten menschlichen Typen, andere bei Menschenaffen zu finden und einige scheinen dem Fundobjekt allein eigentümlich zu sein.

Die Knochen, zumeist kurz und dick, zeigen sehr kräftige Ansatzstellen für die Muskeln. Nach den ziemlich flachen Halswirbeln zu schließen, muß der Hals des Menschen von Corrèze kurz und wenig geeignet gewesen sein, die Kopfbeugung zu begünstigen. Das Hüftbein ist sehr breit, wie beim lebenden Menschen, aber nur wenig konkav, wodurch es dem der Menschenaffen ähnelt; auffällig ist seine Dicke. Die Arm- und Schenkelknochen besitzen sehr dicke Gelenkköpfe, der Oberschenkel ist etwas gekrümmt, wie beim Neandertaler. Die Schienbeinform beweist, daß die Krummbeinigkeit bei dieser Menschenrasse etwas Normales war, wie bei den Menschenaffen.

Bemerkenswert ist auch der Bau der Hände und Füße. Die Bildung der Gelenkflächen der Mittelhandknochen läßt den Schluß zu, daß diese Hand nach allen Richtungen hin viel beweglicher war als die des modernen Menschen. Da man eine derartige Ausbildung der Mittelhandknochen auch bei Menschenaffen noch nicht gefunden hat, so scheint sie für die alte Menschenrasse charakteristisch zu sein. Am Sprungbein fällt die starke Entwick-

*) Compt. rend., Bd. 148 (1909), S. 1554.

lung der äußeren Gelenkfläche für das Wadenbein auf; sie erinnert an deren Beschaffenheit bei den Menschenaffen und kletternden Säugetieren im allgemeinen. Der Fuß mußte beim Gehen offenbar besonders auf seinen äußeren Teil aufgesetzt werden. Das Fersenbein ist hier durch große Kürze sowie durch ziemliche Größe des kleinen Fortsatzes ausgezeichnet; letztere finden wir auch bei den Weddas, einer der tiefstehenden Menschenrassen, die sich in diesem Punkte den Menschenaffen nähert. Dieser Fortsatz bildet eine richtige Fußsohle und trägt durch Vermittlung von Sprungbein und Schienbein einen Teil des Körpergewichtes. Da die Zehen nur schlecht erhalten sind, so läßt sich leider nicht feststellen, ob sich die große Zehe den anderen gegenüberstellen ließ oder nicht.

Die beiden südfranzösischen Funde haben natürlich Anlaß gegeben, eine erneute Vergleichung des gesamten Neandertalmenschen-Materials zu unternehmen, die sich infolge der unzureichenden Erhaltung des übrigen hauptsächlich auf die Schädel erstrecken mußte.

Über die Schädelkapazität der Menschen vom Neandertaltypus hat Marcellin Boule eine Untersuchung angestellt, die zu interessanten Ergebnissen führt.*)

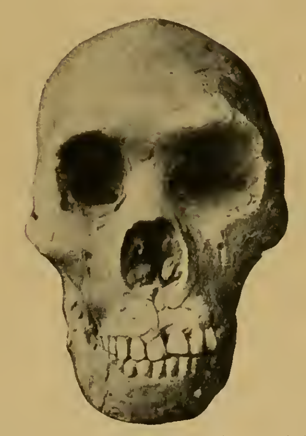
Im Anschlusse an Schaaffhausen, Huxley und Schwalbe schreibt die Mehrzahl der Anthropologen dem Neandertalmenschen eine verhältnismäßig sehr schwache Schädelkapazität zu, nämlich nur 1230 Kubikzentimeter, was beträchtlich hinter dem Kubikinhalt des modernen Durchschnittsmenschen zurückbleibt. Es läßt sich damit die folgende kleine Tabelle aufstellen, in der mittels des Neandertalschädels der Abstand zwischen den Menschenaffen und dem Gegenwartsmenschen beträchtlich vermindert erscheint:

Menschenaffen (im Maximum)	621	Kubikzentimeter
Pithekanthropus (ungefähr)	855	„
Neandertalschädel	1230	„
Moderne Rassen (Durchschnitt)	1375	„
Pariser (durchschnittlich)	1550	„

Die Schädel von Neandertal und Spy sind für eine direkte Messung ihres Inhaltes viel zu unvollständig. Die messenden Anthropologen setzten bei ihrer Arbeit, für die meist nur das Schädeldach zur Verfügung stand, voraus, daß die fehlenden Teile wie beim jetzigen Menschen gestaltet wären, maßen also das erhaltene Stück direkt aus und schätzten den Inhalt des fehlenden durch Vergleichen mit vollständigen Schädeln von jetzigen Menschen. Andere Anthropologen gelangten jedoch auf Grund anderer Messungsmethoden zu abweichenden Ergebnissen, wonach die Schädelfassung des Neandertalers nicht unter 1500 Kubikzentimeter gewesen sein könnte.

Der im Jahre 1908 ausgegrabene Schädel von La Chapelle-aux-Saints, vom Neandertaltypus, bot Gelegenheit, die Frage aufs neue zu prüfen. Dieser Schädel erscheint auf den ersten Blick hin sehr inhaltreich und Boule erhielt nach gewissen Formeln der Berechnung, unter Berücksichtigung der größeren Dicke der fossilen Schädelknochen, Zahlen, die zwischen 1570 und 1700 Kubikzentimetern lagen. Bei direkter Messung, die wegen der Zerbrechlichkeit des Objekts und der Substanzverluste an der Schädelbasis sehr schwierig war, ergab sich ein Inhalt von rund 1600 Kubikzentimeter. Das wäre also mehr als beim modernen Pariser?

Die Schädeldächer vom Neandertal- und Spymenschen gleichen dem des jüngst gefundenen so sehr, daß sich gegen die oben genannten Angaben Schaaffhausens usw. ernstliche Bedenken erheben. Man muß vielmehr feststellen, daß der Neandertalmensch nach seinem Gehirnvolumen völlig innerhalb des Genus Homo seinen Platz erhalten muß.



Der durch Prof. H. Klaatsch rekonstruierte Schädel von Le Moustier.

Aber auch gegen die Inhaltsmaße beim modernen Menschen wendet sich Boule. Die Kapazität eines Schädels des letzteren beträgt 1800, ja selbst 1900 Kubikzentimeter; doch sind Schädel der letzteren Art, wie der Bismarcks mit 1965 Kubikzentimeter Inhalt, immerhin selten. Der Unterschied zwischen einem fossilen Menschen und einem Gegenwartseuropäer springt in die Augen, wenn man die Profile der beiden Schädel mit den auf gleiche Länge zurückgeführten basilo-nasalen Linien aufeinanderlegt. So bleibt denn doch das Gehirnvolumen des Neandertaltypus beträchtlich hinter dem gegenwärtiger Europäerschädel zurück.

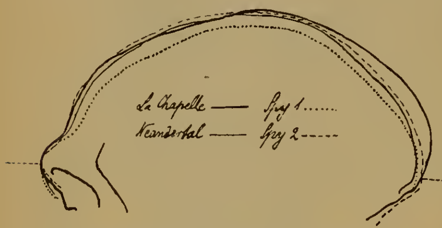
Dabei ist nicht zu vergessen, daß der Wert eines Gehirns für die geistige Begabung vielleicht weniger auf der Größe als auf der Gestaltung seiner Oberflächenwindungen beruht. Diese können beim Neandertaler ganz andere als bei uns gewesen sein, worüber nur das Studium der Innenseite des Schädels, auf der sich diese Windungen sozusagen abdrücken, Aufschluß geben kann. Dieses Studium gedenkt der französische Forscher demnächst zu beginnen.

In einer Arbeit über den Fund von Le Moustier gibt Dr. L. Reinhardt*), der Verfasser des vor-

*) Compt rend., Bd. 148 (1909), Nr. 20. L'Anthropologie, t. XX (1909), Nr. 3—4.

*) Gaea, 45. Jahrg. (1909), Heft 2.

züglichen Werkes „Der Mensch zur Eiszeit in Europa", eine Schilderung des Neandertalmenschen. Der Menschenschlag, dem der Jüngling aus dem Vezèretal angehörte, war mittelgroß bis klein, durch eine auffallende Länge des Rumpfes in Verbindung mit sehr kurzen gedrungenen Gliedern ausgezeichnet. Er ging noch nicht ganz aufrecht und mit ausgestreckten Knien, sondern vornübergebeugt und die Knie leicht flektierend. Eine Stirn fehlte ihm so gut wie ein Kinn, beides spezifische Merkmale des heutigen Menschen, der Stirnteil des Schädels trat noch völlig gegen den Kieferteil desselben zurück; denn noch überwog die Kiefertätigkeit weit die psychische Denktätigkeit. Das Denken und Überlegen war noch nicht die Stärke dieses überaus tierisch dreinschauenden Menschen, der sich weit besser auf die Kraft seiner derben Fäuste, auf die scharfen Fingernägel zum Kratzen und die ungeheure Gewalt seines Gebisses zum Beißen verließ. Damit bei den fürchterlichen



Seitenansicht von vier Neandertalschädeln, übereinandergelegt, zeigt die große Übereinstimmung der Kopfform dieser Rasse.

Kämpfen, die er mit seinesgleichen und den viel stärkeren und größeren Raubtieren als seinen Mitbewerbern um die tierische Beute auszufechten hatte, die Augen als seine wichtigsten Sinnesorgane nicht zu Schaden kämen, besaßen sie dachförmig vorspringende, knöcherne Überaugenwülste, wie sie nur noch bei den erwachsenen Menschenaffen vorkommen.

Die überaus großen Augenhöhlen standen weiter auseinander als beim heutigen Menschen und ließen eine breite, tief eingesattelte Nasenwurzel zwischen sich. Die Nase selbst war sehr breit und flach, mit mehr nach vorn als nach unten schauenden Nasenlöchern. Sie thronte als bescheidene Krönung auf der stark vorstehenden Schnauze mit dem fürchterlichen Gebisse. Der sehr große breite Mund war einst jedenfalls von sehr beweglichen, aber schmalen Lippen eingefaßt, hinter denen tadellos weiße (?) Zähne von beispielloser Stärke mit gewaltigen Wurzeln, die Mahlzähne von vorn nach hinten stärker, anstatt wie heutzutage schwächer werdend, hervorschauten.

Der Stärke der Kiefer entsprechend müssen die sie bewegenden Kaumuskeln eine gewaltige Ausbildung besessen haben, so daß ihr Besitzer mit Leichtigkeit selbst harte Knochen zermalmen konnte. Die vollkommene Kinnlosigkeit und das Fehlen der Muskelzugbälkchen an den Ansatzstellen der die Zunge beim Sprechen hauptsächlich bewegenden Musculi genioglossi beweisen mit untrüglicher Sicherheit, daß das Sprachvermögen bei diesem rauhen Gesellen noch sehr schlecht entwickelt war und daß die Mitteilungen an seine Hordengenossen mehr in einzelnen Ausrufen, verbunden mit einer sehr ausgebildeten Gebärdensprache, bestanden haben mögen. Erst beim Renntier- und Mammutjäger der frühen Nacheiszeit, der nachweislich vor 20.000 bis 25.000 Jahren lebte und auf einer weit höheren Kulturstufe stand, sind auch die Anfänge eines Kinns nachweisbar, das dann erst beim Neolithiker (Menschen der jüngeren Steinzeit) vor 6000 bis 8000 Jahren zum stark vorspringenden Fortsatze wurde, ein Beweis dafür, daß erst bei ihm die Sprache ganz ausgebildet war.

Nach dieser flüchtigen Aufzählung seiner wichtigsten anatomischen Merkmale können wir uns diesen noch unheimlich tierisch gestalteten Ureuropäer einigermaßen vorstellen, wie er, am ganzen Körper jedenfalls noch stark behaart, von der Sonne gebräunt, die Haarsträhne wirr über den Kopf herabhängen und die vielleicht noch Andeutungen des äffischen Spitzohres aufweisenden Ohren und die dunklen, großen, in der Erregung wild funkelnden Augen darunter hervorblicken ließ. Gegen die übergroße Winterkälte war er höchstens durch ein umgehängtes Tierfell geschützt, dessen harte Innenseite durch Kauen zwischen den Zähnen geschmeidig gemacht war. Dazu trug er den groben Holzknüttel als Hauptwaffe, auch zum Werfen auf nähere Ziele gebraucht, und zog, öfter hungrig als satt, in kleinen Hungergemeinschaften*) durch das Land, mit scharfen Sinnen das Wild, seine Hauptnahrung, beobachtend und mit allen Gewohnheiten desselben aufs Genaueste vertraut. Hatte er es, da die Schnelligkeit seiner Füße und die Wucht seiner Waffen sehr viel zu wünschen übrig ließen, durch List in Schlingen, Fallen und Fanggruben übertölpelt und totgeschlagen, so wurde es gleich blutig verzehrt.

Aber dieser Wilde, bei dessen Begegnung wir ebenso wie vor einem großen Menschenaffen im Urwalde erschrocken wären, hatte die Kunst, aus Feuerstein Geräte aller Art zu schlagen, schon sehr weit ausgebildet. Schon längst besaß er das Feuer, das ihm die Kälte und die Schrecken der Nacht vom Leibe hielt und das etwa vom Mahle übrig bleibende Fleisch durch Braten konservieren half. Er hatte auch die ersten Anfänge gesellschaftlicher Ordnung und sogar schon von Religion. Er war damals schon, das beweist eben die Art des Begräbnisses des Jünglings von Le Moustier, Animist, d. h., er sah in allem, was ihm an Unheil zustieß, das Walten übelwollender, schadenfroher Geister Verstorbener, die er durch Bestattung des Leichnams und durch Spendung von allerlei Gaben, vornehmlich Speise und Trank, aber auch von Werkzeugen und Waffen, günstig zu stimmen suchte.

Aus etwas späterer Zeit datiert ein ebenfalls in Südfrankreich gemachter Fund O. Hausers.**) Er hatte das Glück, auch im Jahre 1909 in der Dordogne, ungefähr 40 Kilometer von Le Moustier,

---

*) Die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Familie, vom lateinischen Fames = Hunger, ist Hungergemeinschaft.

**) Prähist. Zeitschr. I. Bd. (1909) Heft 2. Mannus Bd. I (1909), Heft 3/4.

auf einsamer Bergeshöhe in der Nähe der alten Stadt Montferrand-Périgord, bei der Grabung in einem etwas jüngeren Kulturhorizont, der als Aurignacien bezeichnet wird, am 26. August ein vollständiges, recht gut erhaltenes Skelett eines männlichen Individuums zu entdecken. Es handelte sich hier jedoch nicht wieder um einen Vertreter des Neandertaltypus, sondern um ein Mitglied einer weit höheren Menschenrasse mit einer gut gewölbten Schädelbildung, die sich mit derjenigen des modernen Menschen schon messen kann. Dieser Homo Aurignaciensis Hauseri tritt in eine Reihe mit den Menschen, deren Reste von Brünn in Mähren, aus dem Diluvium der Themse bei London (Galley-Hill) u. a. bekannt sind. Von einer Entwicklung dieses Menschentypus aus dem Neandertaltypus kann nach Prof. Klaatsch nicht die Rede sein. Es handelt sich wohl um Angehörige eines Zweiges der Menschheit, der während der Eiszeit mit Mammut und Renntier von Osten her in Europa einwanderte und hier den niedriger stehenden, schon vor der Eiszeit in Europa ansässigen Neandertalmenschen vorfand. Der neue, von alten Instrumenten der Moustierkultur und neuen des Aurignaciens begleitete Fund deutete ebenfalls auf eine regelrechte Bestattung.



Hirsch vom ersten Felsen bei Cretas (0,30 cm breit).

Für eine weit spätere Epoche bietet sich in der Kunst des Ureuropäers, von der für diese frühe Zeit jede Spur fehlt, noch ein Mittel, in sein geistiges Dasein einzudringen. Wir bringen deshalb auch hier wieder einen Bericht über eine Anzahl steinzeitlicher Kunstübungen, die geeignet sind, allgemeines Interesse zu erwecken.

Über Felsmalereien im Unterebrobecken aus der Quartärzeit berichten der Abbé H. Breuil und Juan Cabré Aguila*). Es handelt sich um zwei ausgedehnte Fundstätten, eine zu Cretas in Niederaragonien, die andere zu Lerida in Catalonien. Sie waren zum Teil schon länger bekannt, aber noch niemals systematisch untersucht und bearbeitet worden. Beide gehören zum Tertiärbecken des Ebro, einem öden, oft beinahe wüstenhaften und von der Sonne ganz versengten Landstrich. Der Boden daselbst besteht aus Kiesel-, Grand- und Sandbänken, die von den winterlichen Regenbächen stark zerklüftet sind.

Am ersteren Fundorte befindet sich eine Schlucht, deren Abhang mit Kieselwerkzeugen bedeckt ist, die sich auch auf den umgebenden Plateaus finden und den Typus der geschlagenen Steine des Magdalénien zeigen. Hier entdeckte man eine Art Fries von 2·32 Meter Länge, der aus Tierbildern zusammengesetzt war, und den die Berichterstatter, um ihn vor völliger Zerstörung durch unverständige Besucher zu retten, abgelöst haben. Die alten Künstler haben auf ihm ihre Jagdtiere in dunkelroter Farbe und verschiedener Größe, 0·12 bis 0·33 Meter breit, abgebildet: einen Hirsch, der sich von der Lagerstatt erhebt, einen anderen, der lebhaften Ganges einherstolziert, einen dritten, der sich nicht bewegt, und einen Stier in sehr verkleinertem Maßstabe.

Nachdem auf einem benachbarten Felsen weitere Fresken, Hirsche und Steinböcke darstellend, entdeckt waren, sahen sich die Forscher veranlaßt, alle von Regen und Flechtenüberzug verschonten Felsflächen systematisch abzusuchen. Nach kaum drei Monaten waren schon zehn weitere Funde gemacht, so daß sich die Aussicht eröffnet, dereinst vielleicht die Kunst der Quartärzeit ihre Hand über Gibraltar hinweg bis zu den Felsmalereien und Gravierungen Südafrikas hinüberstrecken zu sehen.

Ähnlich, aber noch weit interessanter, sind die Malereien, die sich an dem zweiten Fundorte, in der Nähe des malerischen Dörfchens Cogul, befinden. Es sind fünf Gruppen oder Szenen dargestellt, nämlich zwei Jagdszenen, eine Tiergruppe, eine Jagd auf Wildochsen und eine Gruppe von zehn Personen, die anscheinend einen Tanz aufführen. Die erste Jagdszene ist ganz schematisch ausgeführt; die beiden Hirsche, von denen der eine eben einen Pfeilschuß erhält, der zweite schon ausgestreckt am Boden liegt, bestehen nur noch aus einem linearen Körper, an den nach oben die verzweigten Geweihe, nach unten die Beine gefügt sind. Der getötete Hirsch streckt die Beine zum Himmel.



Zwei Jagdszenen vom Felsen von Cogul.

Wichtig ist die zweite Jagdszene, ein sehr kräftig charakterisierter Mann, der einen in ganz charakteristischer Haltung abgebildeten Bison tötet. Der Bison verschwand aus diesen Gegenden schon vor der iberischen Epoche; er wanderte vor dem Ende der Quartärzeit und vor Anbruch der neolithischen Epoche (jüngeren Steinzeit) nach Mitteleuropa aus. Demnach gehören also die Fresken im unteren Ebrotale mit in den Gesamtrahmen der quarternären Malereien. Merkwürdig ist die

*) L'Anthropologie XX, Nr. 1.

Verbindung von schematischer Zeichnung bei dem Jäger und Naturtreue beim Bison. Die unterhalb der Arme herabhängenden Streifen scheinen ein kurzes, noch nicht bis zu den Hüften reichendes Kleidungsstück andeuten zu sollen. Die Hand trägt ein Bündel von Wurfspießen, von denen einer, mit breiter, blattähnlicher Spitze, sich gegen den Nacken des Tieres richtet.

Überaus überraschend ist das zuletzt erwähnte Gemälde, eine Gruppe von zehn Personen, von



Tanzszenen aus der Steinzeit (Skizze nach L'Anthropologie).

denen die eine durch kräftige Zeichnung der Genitalien als Mann charakterisiert ist, während die anderen neun Frauen darstellen. Letztere sind sämtlich bekleidet, was unseren bisherigen Anschauungen über die Kultur in der älteren Steinzeit durchaus widerspricht, und zwar bekleidet mit langen, bis zu den Knien herabwallenden Röcken. Fünf von ihnen stehen links, vier rechts von dem bedeutend kleiner dargestellten Manne; erstere scheinen sich von ihm zu entfernen, letztere auf ihn zuzumarschieren, und die Vermutung der Forscher, daß es sich um einen Tanz handelt, den die Frauen um den Mann als Mittelpunkt aufführen, hat viel für sich. Abgesehen von zwei Frauen, scheint die Bekleidung nur in einem Rocke zu bestehen und sich nicht auf Brust und Oberkörper zu erstrecken. Auch auf dem Jagdbilde sind zwei Männer mit Röcken bekleidet.

Wüßten wir genau, um was es sich bei diesem Bilde handelt! Ist es eine religiöse Tanzzeremonie, ein Einweihungsritus, in dessen Mittelpunkt der die Einführung in das Geheimnis vermittelnde Zauberer oder Hexenmeister steht? Diese Szene mit den „Damen", deren Zahl an die neun Musen, deren Gestalt an die der Shakespeareschen Hexen erinnert, lüftet einen kleinen Zipfel des Schleiers, der das soziale Leben jener entlegenen Zeiten verhüllt, und die Kostüme erzählen uns etwas von noch unbekannten Moden, in deren Dienst die Schneiderinnen aus der Magdalénienzeit jene zierlichen Knochennadeln benützten, welche die Höhlen des cantabrischen Gebirges, der Pyrenäen und der Dordogne seit langer Zeit zum Erstaunen der Sammler geliefert haben.

Der Unterkiefer von Mauer.

Haben schon die Funde des Jahres 1908 aus Südfrankreich unsere Kenntnis der Vergangenheit des Menschengeschlechtes auf das Erfreulichste erweitert, indem sie uns Europa während des Altdiluviums von den Karpaten bis zu den Pyrenäen von einer einheitlichen Rasse bewohnt zeigen, der Neandertalrasse, so ist der am 21. Oktober 1907 auf der Feldmark des Dorfes Mauer, 10 Kilometer südöstlich von Heidelberg, gefundene Unterkiefer geeignet, uns noch tiefer in die menschliche Urzeit hinabzuführen. Denn dieser Unterkiefer dürfte, nach Prof. Dr. Otto Schoetensack, der den Fund geborgen und ihm eine prachtvolle Publikation*) gewidmet hat, von den bisher aufgefundenen, ihrer geologischen Lagerung nach beglaubigten menschlichen Resten der älteste sein.

Die von einem alten Neckarlauf terrassenförmig aufgeschütteten, als altdiluvial bezeichneten Sande von Mauer werden seit 30 Jahren nördlich vom Dorfe behufs Gewinnung von Bausand abgebaut und lieferten zahlreiche Tierreste, so daß die Erwartung, hier auch einmal auf menschliche Überreste zu stoßen, eine ganz berechtigte war. Wenn auch nach den darin angetroffenen Säugetierresten das Alter der Sande gewöhnlich als altdiluvial bezeichnet wird, so lassen doch auch einige darin vertretene Arten deutliche Beziehungen zu dem jüngsten Abschnitte des Tertiärs, dem Pliozän, erkennen. Es wurden nämlich in derselben aus einer Anhäufung kleiner Gerölle bestehenden Schwemmschicht größere Bruchstücke des Etruskischen Nashorns, des Urelefanten (E. antiquus), eines Urwildpferdes (Equus Stenonis) und anderer Tiere gefunden, während sich das Eiszeittier



Sandgrube von Mauer bei Heidelberg, in der in 24·1 m Tiefe der Unterkiefer gefunden wurde. (X Fundstelle.)

par excellence, das Mammut, anscheinend noch nicht aus dem Elefantenstamm herausgebildet hatte. Es kommt erst in jüngeren Ablagerungen vor, in denen der altertümlichere Urelefant schon zu fehlen scheint. Dr. L. Reinhardt**) berechnet danach das Alter dieses Unterkiefers auf wenigstens anderthalb Millionen Jahre, das ist das Drei-

---

*) Der Unterkiefer des Homo Heidelbergensis. Ein Beitrag zur Paläontologie des Menschen von Otto Schoetensack. Mit 13 Tafeln, Leipzig 1908.

**) Gaea, 45. Jahrg., Heft 6.

bis Vierfache des von Hauser entdeckten Homo Mousteriensis oder der Neandertalrasse. Der Mauerer Fund ist allem Anscheine nach sogar älter als der berühmte, von E. Dubois 1894 entdeckte Pithekanthropus, der nach den Untersuchungen von Prof. Volz und Dr. Elbert nicht, wie anfangs angenommen wurde, dem Pliozän, sondern einem frühen Abschnitte des Diluviums angehört. Er war also nicht der Urmensch, so viel Menschenähnliches auch in diesem etwa 1·7 Meter hohen, aufrechtgehenden Wesen lag, das mit einer Schädelkapazität von 855 Kubikzentimetern alle heutigen Menschenaffen im Durchschnitt fast um das Doppelte übertraf; er war nur ein blind endigender Seitenzweig des Menschenstammes mit näherer Verwandtschaft zu dem noch heute denselben Landstrich bewohnenden Gibbon.

Die Fundstelle des Unterkiefers von Mauer lag mehr als 24 Meter unter der Oberkante der Sandgrube und etwa 0·87 Meter über ihrer Sohle. Um diesen Punkt für alle Zukunft festzulegen, ließ Dr. Schoetensack auf der Stelle einen kubischen Sandstein mit der eingemeißelten Inschrift „Fundstelle des menschlichen Unterkiefers 21. Oktober 1907" errichten. Dieser Stein soll liegen bleiben, auch wenn die Grube wieder zugeschüttet wird, und es soll dann oben ein Stein mit entsprechender Inschrift gesetzt werden.

Außer den schon genannten Säugetieren sind aus den Mauerer Sanden noch folgende Arten bekannt geworden: eine fossile, vielleicht mit dem Höhlenlöwen identische Löwenart, eine Wildkatze, eine fast genau mit dem lebenden Pyrenäenwolf übereinstimmende Canisart, zwei Bärenarten, ein Wildschwein, ein riesiger Elch (Cervus latifrons), der Edelhirsch, das Reh, eine neue, von Bison priscus etwas abweichende Bisonart und der Biber. An Jagdbeute, aber auch an gefährlichen Gegnern und Konkurrenten um die Beute kann es also dem Urmenschen von Mauer nicht gefehlt haben.

Als Dr. Schoetensack, der die Grabungen in der Sandgrube im Grafenrain schon fast zwei Jahrzehnte auf Spuren des Menschen kontrollierte, endlich von dem Besitzer die Nachricht von dem Funde erhielt und nach Mauer hinauseilte, fand er das beim Herauswerfen in seine beiden Kieferhälften zersprungene Fundstück fast unversehrt vor. Neben und an den Eck- und Backenzähnen des Unterkiefers hafteten dicke, verfestigte Krusten von ziemlich grobem Sand, ein Charakteristikum der aus den Mauerer Sanden stammenden Fossilien, und an der linken Kieferhälfte lag außerdem auf einem Teile der Zähne mit dem Sande fest verbunden ein Stück Kalksteingeröll. Nach der Reinigung von diesen Fremdbestandteilen drängte sich die Eigenart des Objekts auf den ersten Blick auf.

Der Unterkiefer von Mauer zeigt eine Kombination von Merkmalen, wie sie bisher weder an einem frischen noch an einem fossilen menschlichen Unterkiefer angetroffen worden ist. Selbst dem Fachmann wäre es nicht zu verargen, wenn er ihn nur zögernd als menschlichen anerkennen würde. Fehlt ihm doch dasjenige Merkmal gänzlich, das als spezifisch menschlich gilt, nämlich ein äußerer Vorsprung der Kinnregion, und findet sich doch dieser Mangel vereinigt mit äußerst befremdenden Dimensionen des Unterkieferkörpers und der von ihm aufsteigenden Äste.

Angenommen, es wäre nur ein Bruchstück ohne Zähne gefunden, so würde es nicht möglich sein, es sicher als menschliches festzustellen. Mit gutem Grunde würde man bei einem Teile der Mittelkiefergegend die Zugehörigkeit zu einem Anthropoiden etwa vom Aussehen des Gorilla vermuten und bei einem Bruchstücke des Astes an eine große Gibbonvarietät denken. Lediglich in der Beschaffenheit des Gebisses liegt der absolut sichere Beweis, daß wir es mit einem menschlichen Teile zu tun haben. Die vollständig erhaltenen Zähne tragen den Stempel „Mensch" zur Evidenz: die Eckzähne zeigen keine Spur einer stärkeren Ausprägung den anderen Zahngruppen gegenüber und auch in ihren Dimensionen treten die Zähne des Heidelberger Kiefers nicht aus der Variationsbreite des rezenten Menschen heraus. Allerdings sind ihre Maße, mit



Der Unterkiefer von Mauer nach der Reinigung.

denen moderner europäischer Zähne verglichen, verhältnismäßig groß; zieht man aber jetzige niedere Rassen zum Vergleiche heran, so verschwindet der Unterschied. Die Zähne sind sogar zu klein für den Knochen, der vorhandene Raum würde ihnen eine ganz andere Entfaltung gestatten.

Das Ergebnis seiner eingehenden Untersuchung des Kiefers von Mauer und seiner Zähne und einer Vergleichung des Fundes mit anderen modernen Menschen- und Menschenaffenkiefern sowie mit den bekannten fossilen Menschenkiefern ist nach Dr. Schoetensack folgendes: Aus der Vergleichung des Unterkiefers des Homo Heidelbergensis mit den besprochenen fossilen Kiefern ergibt sich, daß ersterer die letzteren durch eine Kombination primitiver Merkmale übertrifft. Verhältnismäßig am nächsten steht ihm noch der Unterkiefer von Spy, der noch am gleichmäßigsten in allen Teilen aus dem Heidelbergtypus umgeformt erscheint. Die individuellen Variationen von Krapina stellen einseitige (vielleicht von alten Rassen eingeschlagene) Entwicklungsbahnen dar.

Auch die Unterkiefer mancher heutigen Rassen lassen sich auf eine dem Heidelbergtypus ganz nahestehende Urform zurückführen.

So läßt also dieser Unterkiefer des Homo Heidelbergensis den Urzustand erkennen, der dem gemeinsamen Vorfahren der Menschheit und der Menschenaffen zukam. Dieser Fund bedeutet den

weitesten Vorstoß abwärts in die Morphogenese (Entstehung der Gestalt) des Menschenskeletts, der bis heute zu verzeichnen ist. Angenommen, es würde ein geologisch noch älterer Unterkiefer aus der Vorfahrenlinie des Menschen gefunden, so würde er wahrscheinlich nicht viel anders aussehen als unser Fossil; denn dieses führt bereits bis zu jener Grenze, wo es spezieller Beweise (wie hier des Gebisses) bedarf, um die Zugehörigkeit zum Menschen darzutun. Noch weiter abwärts kämen wir zu dem gemeinsamen Ahnen sämtlicher Primaten. Solch einem Unterkiefer würden wir die Vorfahrenschaft zum heutigen Menschen wohl kaum noch ansehen können; seine Beziehung zu unserem Unterkiefer würde aber bestimmt erkennbar sein.

Urheimat und Ausbreitung der Menschenrassen.

Wenn andere Erdteile schon in gleichem Maße wie Europa ergiebig an uralten Menschenresten gewesen wären, wäre die Frage nach der Urheimat und der Ausbreitung der Menschenrassen wahrscheinlich leichter zu beantworten, als es jetzt der Fall ist. Zurzeit bewegen wir uns diesen Fragen gegenüber noch gar sehr auf dem Boden interessanter Hypothesen, die zwar durch manche wissenschaftliche Tatsache gestützt erscheinen, aber auch durch ebenfalls anerkannte Tatsachen ins Wanken und zu Fall gebracht werden können.

Eine ganz umfassende Theorie für die Heimat des Menschengeschlechtes nicht nur, sondern auch der gegenwärtigen Tier- und Pflanzenwelt hat Dr. L. Wilser unter dem Namen „Der nordische Schöpfungsherd" aufgestellt. In einer kürzlich unter diesem Titel veröffentlichten Arbeit zeigt er, wie viele Vorgänger und Verfechter die Ansicht habe, daß die gesamte jetzige Lebewelt von einer den Nordpol umgebenden Landmasse ihren Ausgang genommen haben müsse.*) Schon vor mehr als zehn Jahren hat Wilser diesen Gedanken verfochten, u. a. mit den Worten: „Dort, an der äußersten Nordlandsküste, müssen die ersten Landtiere entstanden sein, und daß sich von dort auf jeder Entwicklungsstufe immer neue Wellen derselben über alles zugängliche Land ergossen haben, dafür sprechen alle Erfahrungen der Tiergeographie (und, darf man getrost hinzufügen, der Pflanzenverbreitung und der Paläontologie). Lassen wir aus einem Trichter Streusand auf eine ebene Fläche rieseln, so erhalten wir einen kegelförmigen Hügel, der dort am höchsten ist, wo die ersten Sandkörner aufgefallen sind, und sich nach allen Seiten gleichmäßig abflacht. So wird auch das Tierleben an seinem Ursprungsort den höchsten Gipfel der Entwicklung erreicht haben, und die niedersten Vertreter werden wir in den äußersten Grenzgebieten suchen und finden, besonders wenn diese durch frühzeitige Lostrennung späteren Wellen nicht mehr zugängig waren. Das Beispiel stimmt: die niedrigsten Säugetiere leben in Australien, Neuseeland, Madagaskar. Daß auch die niedrigsten Menschenrassen, Australneger, Weddas, Andamanesen, Buschmänner, unter annähernd gleichen Breiten leben, beweist, daß auch der Mensch, das höchstentwickelte Säugetier, nach den gleichen Gesetzen und in gleicher Richtung sich verbreitet hat." (Naturwiss. Wochenschrift, 1. Januar 1898.)

*) Ztschr. f. den Ausbau der Entwicklungslehre, Bd. III. (1909), Heft 5.

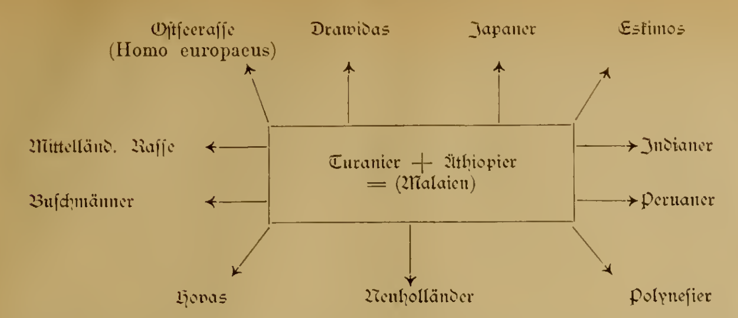
Die Lehre vom nordischen Schöpfungsherd liefert nach Dr. Wilser den Schlüssel zu einer einheitlichen und übereinstimmenden Beantwortung einer Reihe früher unlösbar scheinender Streitfragen. Sie bildet eine notwendige Ergänzung der Entwicklungslehre, deren Einzelheiten ohne sie vielfach unverständlich bleiben, und sie enthüllt das gesetzmäßige Verhältnis der Fundorte versteinerter Glieder einer Gattung zu den Wohngebieten lebender. Sie erklärt die Verteilung der Arten und Abarten über die Erdoberfläche und zeigt uns die Richtung ihrer ältesten und jüngsten Wanderwege. Durch sie erfahren wir (da auch der Mensch dem großen Verbreitungsgesetz unterworfen ist) den natürlichen Grund, warum die Heimat der fortgeschrittensten Völker in Nordeuropa, die der am weitesten zurückgebliebenen in den südlichen Spitzen der großen Festländer nebst den vorgelagerten Inseln zu finden ist. Auf diesem Wege kommt es an den Tag, daß den vorgeschichtlichen und geschichtlichen Völkerwanderungen und Kulturströmungen das gleiche Naturgesetz zu Grunde liegt, wie den Ausdehnungsbestrebungen der Tiere und Pflanzen.

Dieser Annahme eines nordischen Ursprungs der Menschenrasse diametral gegenüber stehen die Bestrebungen, ein mehr oder minder umfassendes Gebiet der heißen Zone zum Schöpfungsmittelpunkt zu erheben. Schon früher haben wir hier (Jahrb. I, S. 250) der Hypothese vom australischen Ursprung der Europäer gedacht. In wesentlich erweiterter und abgeänderter Form wird eine ähnliche Ansicht von W. Hentschel verfochten.*) Er erklärt Ozeanien für die Urheimat der weißen Rasse und weiß diese dem Leser zunächst recht absonderlich vorkommende Annahme durch einige ganz anmutende Gründe zu unterstützen.

An der Ursprünglichkeit und morphologischen Selbständigkeit der schwarzen und gelben Menschenrasse ist wohl noch niemals gezweifelt worden, desto mehr aber an der weißen, die weniger streng abgesondert ist und durch mancherlei Übergänge mit den primitiven Rassen verbunden erscheint. Hentschel möchte deshalb die weiße Rasse als einen Mischtypus ansehen, als ein Kreuzungsprodukt der schwarzen und gelben, jedoch nicht als das ursprüngliche Kreuzungsprodukt. Man muß vielmehr ein Zwischenglied einschalten: die braune Rasse der Südsee, aus welcher der Homo europaeus erst nachträglich neben anderen Mischtypen hervorgegangen wäre.

Unter dieser zunächst nur hypothetisch vorgetragenen Annahme stellt Hentschel eine Völkertafel auf, auf der durch Pfeile nicht nur die Abstammung, sondern auch die Zugrichtung der betreffenden Völker und Rassen angedeutet sein soll. Sie hat das folgende Aussehen:

*) Polit.-Anthrop. Revue, VII. Jahrg. (1909), Nr. 11.



Die Kreuzung der Gelben (Turanier) und Schwarzen (Äthiopier) mußte im Sinne allgemein bekannter züchterischer Erfahrungen zur Verflüssigung der beiden an sich starren, nicht entwicklungsfähigen Urtypen führen. Nach diesen Erfahrungen läßt sich bei der gedachten Kreuzung ein Menschenschlag erwarten, der sich durch Variationsbreite und eine gewisse Anpassungsfähigkeit auszeichnet, Eigenschaften, die ihn zur Welteroberung befähigten. Unter begünstigenden Umständen mußte er sich von seiner Bildungsstätte aus in allen möglichen Richtungen ausbreiten und dabei geographisch in eine zentrale Lage kommen, wie sie auf der Völkertafel ersichtlich ist.

Der malaiische Typus, der Übergänge und Verwandtschaft zu allen benachbarten Völkergruppen zeigt, ist nicht, wie einige gemeint haben, ein jugendlicher Sproß am Baume der Menschheit, er stammt auch nicht von Norden. Er bildet vielmehr selber den Wurzelstock, aus dem, neben allen anderen historischen Völkern, auch die kaukasische Rasse hervorgegangen ist.

In den innigen Beziehungen der Malaien zum Ozean sieht Hentschel kein beiläufiges Vorkommnis, sondern vielmehr das einzigartigste und wichtigste Ereignis im Leben der Menschheit. Er neigt zu der Ansicht, daß die Seefahrt nur ein einziges Mal „erfunden" worden ist: wo immer sie später Bedeutung gewann, da geschah es in Wiederaufnahme ozeanischer Traditionen. Die Ozeanier sind auch nach Ratzel jene Völker, „bei denen in allen Lebensäußerungen der Glanz und die Größe des Meeresspiegels durchschimmert, deren ganzes Wesen von einem Hauche von Seeluft durchweht ist".

Bei der Frage nach dem engeren Herde der turanisch-äthiopischen Rassenmischung muß das ozeanische Inselgebiet zwischen Australien und Amerika ausgeschieden werden. Es kann nur ein Ländergebiet in Frage kommen, in dem sich die beiden primären Rassen, von denen wenigstens die eine an ihren bis heute festgehaltenen kontinentalen Wohnplatz gekettet war, begegnen konnten, also das südliche Asien nebst den vorgelagerten Inselgruppen, die den Übergang zum eigentlichen ozeanischen Gebiete bilden. Hier finden sich auch heute noch in den Negritos und Papuas Rest der dunkelfarbigen Rasse, und ihnen gegenüber, auf dem asiatischen Kontinent, der mehr oder weniger ursprüngliche turanische Typus. Dieser war vermutlich ein Kind der asiatischen Hochländer, während jene, die Negroiden, sich einstmals von Afrika über Südindien bis nach Melanesien und den Philippinen verbreitet hatten.

In diesen langgestreckten Gürtel negroider Bevölkerungen ist die gelbe Rasse vermutlich über Hinterindien eingestrahlt. Dieser Völkerstrom hat vielleicht durch viele Jahrtausende fortgedauert und ist auch heute noch nachzuweisen. Dabei erfolgte die Vermischung mehr auf Kosten der schwarzen Rasse. Wo sich die dunkleren Völker bis heute schärfer von der Mischrasse abheben, da sind sie in das unwegsame Innere der Inseln oder an die wüsteren Gestade zurückgewiesen. Nur in Neu-Guinea, das sich nach Ausdehnung und Gestalt mehr einem Festlandsgebilde nähert, war die schwarze Rasse in so dichter Masse vertreten, kam ihr auch das tiefere Landmassiv so wesentlich zu statten, daß sie den erobernden Seefahrern gewachsen blieb und die Sturmfluten gerade so wie auf dem afrikanischen Länderblock überdauerte, wenn auch nicht spurlos. Sonst aber wälzte sich die Woge gelben Blutes, alles Beweglich und weniger Massige mit sich reißend, über Insulinde (südostasiatische Inselflur), die Molukken, Neu-Guinea hinaus, um sich in breiten nord-, ost- und südwärts gerichteten Armen dem Ozean zu vermählen und sich erst an den Gestaden Japans, Amerikas und Australiens zu brechen, während gleichzeitig westwärts gerichtete, durch die Windströmungen begünstigte Unternehmungen die neugebildete Erobererrasse nach Afrika und endlich auch nach unserem eigenen Kontinent führten. Diese Ausdehnungszüge haben Jahrtausende gedauert und lassen sich noch in historischen Zeiten verfolgen.

Von besonderem Interesse ist im Hinblick auf das uns beschäftigende Problem, Ozeanien als Urheimat der weißen Rasse, die älteste Geschichte der Malaio-Japaner, insofern als von ihren Anfängen die älteste skandinavische Geschichte eine ziemlich getreue Kopie bildet. Die über Formosa nach Japan eingewanderten Malaien gleichen den skandinavischen Wikingern wie ein Ei dem anderen. Auf ihren flinken Drachenschiffen dringen sie, den Unterläufen der Flüsse folgend, tief in das gegenüberliegende Festland ein, genau wie die Normannen in der gleichen Absicht und mit demselben Behaben auf dem Rhein und der Seine. Später traten in Japan, genau wie in Skandinavien, infolge dieser Auslandspolitik Symptome nationaler Erschöpfung

ein, die dazu führten, dem kriegerischen Auslandsverkehr auf alle Weise zu steuern. Daß die Unterdrückung künstlich war, zeigt der gegenwärtige plötzliche Aufschwung Japans als Seemacht.

Im Südosten Afrikas, wo viele steinzeitliche Altertümer einen bedeutenden vorgeschichtlichen Außenposten des Malaientums erkennen lassen, hat sich dieses quer durch den Kontinent bis an die Westküsten verbreitet. Es lebt hier in den Hottentotten und Buschmännern fort. Auch für das mittlere Afrika ist eine Zone malaischer, und zwar ostpapuanischer Einflüsse nachgewiesen, und wo sie im Westen des Festlandes deutlich zu Tage treten, zeigen sie nach Frobenius Beziehungen zu westeuropäischen Altertümern.

Somit glaubt Hentschel den Gedanken vorbereitet zu haben, daß auch die europäische Kulturrasse und ihr Stammvater, der Neolithiker der Ostsee, gleiche oder parallele Wege gegangen ist, ehe er dazu kam, jene Siedlungen zu gründen, deren Müllhaufen die dänischen Muschelhalden bilden, die sich durch nichts von ähnlichen japanischen und amerikanischen Abfallhaufen unterscheiden. Wenn die von Frobenius*) festgestellten Wege, auf denen sich die ältesten ozeanischen Mythenstoffe, z. B. die Mauimythe der Neuseeländer, über das Erdrund verbreitet haben, Zug für Zug mit den von Hentschel festgestellten ozeanischen Völkerströmen übereinstimmen, so läßt sich das nunmehr wohl begreifen: Die Mythen sind eben nicht durch die Lüfte gewandert, sondern als das intellektuelle und moralische Inventar, als die religiösen Gedanken ozeanischer Wandervölker verbreitet worden.

Auch die weiße Rasse ist eine Auswickelung ozeanischer Keimanlagen. Man ist heute allgemein geneigt, die weiße Rasse mit dem nordischen Klima, mit Schnee und Eis in Verbindung zu bringen — biologisch ausgedrückt: man führt ihre Charaktere auf Naturzüchtung zurück. Die durch Naturzüchtung in Schneeländern erzeugte Farbe ist jedoch nicht die blonde, sondern die weiße (Eisbär, Schneehuhn, Polarfuchs usw.). Aber weder von der ganz noch von einer annähernd weißen Färbung ist bei der blonden Rasse etwas wahrzunehmen, und das spricht nicht unbedingt für Anpassung an die Schneelandschaft. Die blonde Farbe findet man aber beim Löwen und anderen Wüstentieren: hier spricht die Anpassung an den das ganze Jahr gleich hellen Wüstensand und das braune Wüstengestein. Nun haben Malaie und Kaukasier ihre Werdezeit gleichfalls auf dem Sande, nämlich am Strande, zugebracht, mit dem ihre älteste Wohnstätte fest verbunden war. Hier hätte die blonde Farbe einem Ideal der Schutzfärbung entsprochen; doch scheint es Hentschel sehr fraglich, ob die Idee einer Schutzfärbung hier überhaupt in Betracht kommt.

Eher, meint er, sei die helle Färbung dem Bestreben zuzuschreiben, eine kriegerische Aristokratie von hellerer Gesichtsfarbe zu züchten, da bewußte rassische Zucht den primitiven Völkern etwas durchaus Naheliegendes ist, wie der zur Zeit der Entdeckung der polynesischen Inseln dort an manchen Orten vorgefundene Kultbund der Arreois beweist. Bedenken wir die kurze Spanne Zeit, die den Bewohnern der Kjökkenmöddinge des dänischen Küstengebietes blieb, bis sie ihre ersten Töchtervölker aussandten, so liegt es nahe, die Ausprägung ihrer rassischen Eigenheit weiter zurück, in die mutmaßliche südostasiatische Heimat, zu verlegen. Wir werden annehmen, daß die Seefahrer, die ihre Drachenschiffe 6000 oder 7000 Jahre vor unserer Zeitrechnung auf den knirschenden Sand der Nordsee- und bald darauf auch der Ostseeküste gesetzt haben, sich kaum von den heutigen Skandinaviern unterschieden; kennen wir doch Darstellungen desselben Menschen vom Euphrat, vom Nil, von Kreta aus nicht viel jüngeren Jahrtausenden. Doch hätten wir das Bild der ältesten europäischen Küstensiedelungen insofern zu ergänzen, als wir annehmen dürfen, daß neben der blonden Rasse auch dunklere Typen die Durchfahrt nach höheren Breiten gefunden haben.

Daß intime körperliche und seelische Beziehungen zwischen der braunen und der weißen Rasse bestehen, glaubt Hentschel u. a. auch daraus entnehmen zu können, daß man bei uns viele Gesichter antrifft, die durchaus mongoloiden oder malaiischen Typus aufweisen. Was die seelische Verwandtschaft angeht, so ist oftmals darauf hingewiesen worden, daß das Christentum, welches doch nicht einmal in Indien Fuß fassen konnte, den ozeanischen Völkern von Anfang an in die eigenen Hände gegeben werden konnte. Die Christianisierung Polynesiens hat viele Ähnlichkeit mit der Germaniens. Ähnliches gilt von der Sprache, den Bräuchen, dem Rechte, dem ganzen seelischen Typus.

Nach der geläufigen Annahme sind die dänischen Haldenbewohner mitteleuropäischen Ursprungs; die „Beweise" dafür beschränken sich auf den Nachweis einer gewissen Kulturgemeinschaft zwischen ihnen und den diluvialen Renntierjägern. Wie kommt es, fragt demgegenüber Hentschel, daß der steinzeitliche Mensch Europas, sagen wir also der Renntierjäger, falls er in einer kontinentalen Umgebung aus halbtierischen Zuständen herausgewachsen war und sich dabei ein gewisses Inventar kontinentaler Lebenshilfen und Vorurteile angeeignet hatte, unter allen ihm zu Gebote stehenden wohlgelegenen Gebieten gerade die Seeküste bevorzugte? Wie kommt es, daß er, eben erst an dieser eingetroffen, noch ehe er irgend ein Zeichen seiner Tätigkeit und Schöpferkraft hinterlegen konnte, bereits die Seeherrschaft gewonnen hatte, daß er auch in der Folge mit solcher Ausdauer an der fremden Umgebung festgehalten hat, ja daß er sich gerade hier bis heute in seiner typischen Erscheinung erhalten hat, während er doch überall in seinen später bezogenen kontinentalen Sitzen eine Umwandlung erfuhr oder gar zu Grunde ging? Dieses Rätsel ist durch die Annahme gelöst, er habe seine neue Heimat mit Hilfe der im Laufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden erprobten Fahrzeuge gewonnen, die ihn zum Herrn der Woge machten. Einige werden an die große Entfernung zwischen Ostsee und Südsee denken; sie ist indessen geringer als jene etwa zwischen Sumatra und den Südsee-Inseln, welche die Malaien doch nachweislich

*) „Das Zeitalter des Sonnengottes."

zurückgelegt haben, und zwar in uferlosen Ozeanfahrten, während sie sich bis zur Ostsee an den Küsten entlang tasten konnten und dabei möglicherweise unter dem Einflusse von Klimaschwankungen passiv hingeschoben wurden. Für die Entdecker der Osterinseln gab es keine unerreichbaren Fernen mehr, und die spätere Entdeckung Amerikas wäre für sie ein kleines Zwischenspiel gewesen. Ein Rest dieses ozeanischen Wagemutes ist auch heute noch der skandinavischen Rasse eigen.

Hentschel erörtert ferner die Ähnlichkeit der Wohnhäuser und der ganzen Hausanlage bei den Malaien und den Menschen der jüngeren Steinzeit, die an der dänischen Ostseeküste die Küchenabfallhaufen hinterließen, die sich in ähnlicher Form auch an der Ostküste Nordamerikas (Maryland, Virginia) finden. Sie sind höchstwahrscheinlich unter Pfahlbauten entstanden, deren Balkendecke für den Abhub der Mahlzeiten eine Öffnung besaß. So hätten wir denn neben der malaiischen Urmythe und dem malaiischen Seedrachen auch noch den malaiischen Pfahlbau, die alle drei über den Ozean hinweg die Kontinente verbinden. Vielleicht erinnern auch die megalithischen Denkmäler an eine Zeit, wo sich der gleiche „Völkergedanke“ in Skandinavien, am Atlantischen Ozean, am Sinai und in Kleinasien Geltung verschafft hatte.

Wie weit die von W. Hentschel vorgetragenen Anschauungen in der Ethnographie eine Stütze finden, möge der Blick in eine neuere Völkerkunde lehren.*) Nach Prof. Dr. W. Volz sind die Malaien weder eine den Kaukasiern, Negern usw. gleichwertige Rasse, noch eine ganz unselbständige indochinesische Kreuzung. Beide Anschauungen gehen zu weit. Sicherlich ist die Mischung reichlich genug, und viele fremde Bestandteile sind in der Rasse aufgegangen; aber der malaiische Zweig ist älter als die Beimischung und stellt sich als ein wohlumgrenztes Glied des Menschengeschlechtes dar, das man als ein vorgeschobenes Glied der gelben Rasse betrachten muß. Daß sie dieser Rasse angehörte, zeigt ihre Hautfarbe; auch in ihr ist der gelbe Ton deutlich vorhanden, wenn er auch meist in einem mittelbraunen Gesamtton aufgeht. Im allgemeinen ist die Hautfarbe ziemlich licht, so daß bei jungen Leuten häufig selbst das Rot der Wangen durchschimmert. Das Haar ist straff, grob und schwarz, mit bräunlichem Schimmer, welliges oder lockiges Haar deutet auf Mischung. Die Farbe der Augen ist ein mehr oder weniger dunkles Braun, eine Mongolenfalte tritt ausgebildet oder in der Anlage häufig auf, aber nur selten so stark entwickelt, wie beim Chinesen; das Auge gleicht etwas mehr dem Europäerauge. Der Gesichtsausdruck ist dem des chinesischen Gesichtes nicht unähnlich, aber die mongolischen Merkmale sind stark abgeschwächt. Die Körperverhältnisse scheinen sich, abgesehen von der geringeren Körpergröße (155—160 Zentimeter), von denen der Europäer nicht weit zu entfernen, daher sind Gestalten von fast vollendeter Schönheit unter den jungen Leuten gar nicht so selten.

*) Illustr. Völkerkunde, herausgeg. von Dr. G. Buschan. Verlag v. Strecker und Schröder, Stuttgart, 1909.

Die Frage nach der Herkunft der malaiischen Gruppe ist nach Prof. Volz noch nicht ganz gelöst. Stammt sie aus Hochasien und ist sie die Höhen des hinterindischen Gebirgsstockes entlang nach Süden gewandert? Oder müssen wir ihre Ursitze im malaiischen Archipel, vielleicht auf Sumatra, suchen, und hat sie sich von hier aus nach Norden, Westen und Osten verbreitet? Für beide Anschauungen lassen sich Gründe anführen. Vielleicht erscheint aber auch für diesen Zweig des Menschengeschlechtes eine nördliche Herkunft, aus dem Innern Asiens, wahrscheinlich. Den Anschauungen Hentschels entspricht es, wenn Prof. Volz hinzufügt: Die malaiische Gruppe hat viel fremdes Blut in sich aufgenommen; zunächst einmal ist wohl die indoaustralische Rasse zum großen Teil in ihr aufgegangen, dann hat sie auch Beimengungen von Negritos und melanesischen Bestandteilen erfahren. Die seit dem Beginn unserer Zeitrechnung erfolgten Einwirkungen können uns hier nicht interessieren.

Für die Negritos, eine zwar kleine, aber selbständige Gruppe unter den Völkern Süd- und Ostasiens, ist das auffälligste und sie deutlich zusammenfassende Merkmal der Haarwuchs. Das Haar ist reinschwarz und kraus, d. h. spiralig gedreht, unterscheidet sich somit scharf von dem lockigen oder auch abstehend flockigen Haar, das uns bei der indoaustralischen Unterschicht entgegentritt. Die Körperfarbe ist sehr dunkel, schwarzbraun, die Körpergröße bei Männern durchschnittlich 140—150 Zentimeter. Ihre Verbreitung ist sehr eigenartig: im Westen auf den Andamanen, der am weitesten gegen den Kontinent vorgeschobenen Inselgruppe, dann auf der malaiischen Halbinsel und schließlich im äußersten Nordosten im Innern der großen Philippineninseln. Im übrigen Teil der malaiischen Inselwelt scheinen sie zu fehlen (hier könnten sie von den „Turaniern“ Hentschels, den mongolischen Urmalaien, aufgesogen oder ausgerottet sein). Der Anschluß findet sich höchstwahrscheinlich im Osten unter den kraushaarigen Elementen Melanesiens (z. B. auf den Salomonsinseln usw.).

Eine viel weiter im indischen Archipel verbreitete Schicht sind die von Hentschel nicht in Betracht gezogenen lockenhaarigen Indoaustralier, die allenthalben, wo sie auftreten, in das schwer zugängliche Innere zurückgedrängt sind, wohl infolge ihrer außerordentlich niedrigen Kultur. Sie sind durchschnittlich etwas größer als die Negritos, die Männer 153—158 Zentimeter im Durchschnitt. Auch die Körperfarbe, meist ein mittleres Braun, ist lichter als bei jenen. Sehr bezeichnend ist das wellige, grobe, schwarze Haar, das sich scharf von dem groben Schlichthaar der gelben Rasse unterscheidet. Die tiefliegenden Augen geben dem Gesicht einen wilden Ausdruck, die Mongolenfalte fehlt. Ihre Gesichtsbildung sowie auffallend viele Merkmale am Knochengerüst deuten darauf hin, daß hier eine sehr alte, der Wurzel des Menschengeschlechtes nahestehende Rasse vorliegt.

Ihre geographische Verbreitung ist sehr groß. Wir finden sie in ganz Südostasien, wie in der

malaiischen Inselwelt in Resten, oft kleinen Volksstämmen von wenigen hundert Seelen, zerstreut. Zu ihnen gehören die Weddhas in Ceylon (siehe Jahrb. II, S. 301), eine ganze Reihe von Bergstämmen in den Gebirgen des vorderindischen Tafellandes, einige Völker Hinterindiens, ein Teil der chinesischen Urbevölkerung, die Unterschichten der großen Sundainseln, z. B. die Toala auf Celebes, ein Teil der philippinischen Negritos u. a. Wenn man die Frage nach ihrer Herkunft und Stellung im Rahmen des Menschengeschlechtes aufwirft, so findet man, mit allem Vorbehalt gesagt, Verbindungen doppelter Art: einmal zu den Australiern, sodann aber auch zu den Europäern.

Im Gegensatz zu den friedfertigen Indoaustraliern erscheinen die Malaien als eine kriegsbereite, wilde Rasse; Krieg und Raub sind auf der Tagesordnung; die Malaien sind ein seefahrendes Volk, und so hat auch von jeher die Seeräuberei in hoher Blüte gestanden. Der ältere Kulturstrom, den man nach seinen Endgliedern malaio-polynesisch benannt hat, ist von großer Bedeutung für die Umgestaltung von Schiffahrt und Fischerei geworden. Die Bootsbestattung hat sich in verschiedenen Formen im ganzen Archipel, selbst bei den Inlandstämmen, erhalten. Wichtig für die vorliegende Frage ist auch noch der Umstand, daß die malaio-polynesische Kultur die Kunst der Metallbearbeitung noch nicht kannte, sondern wohl völlig noch der Steinzeit angehörte.

Daß mit der Hypothese von der Herkunft der weißen Rasse aus Ozeanien die uns am meisten interessierende Frage der Vorgeschichte völlig gelöst sei, ist kaum anzunehmen; jedenfalls aber wird diese Hypothese eine willkommene Anregung sein, den vielfach noch so dunklen Zusammenhängen in Geschichte und Kultur der Völker vorgeschichtlicher Epochen nachzuspüren. Endlich wird sich auch hier ein klares und einwandfreies Bild des wirklichen Geschehens, von dem wir heute offenbar noch weit entfernt sind, ergeben.

Viel tiefer zurück in die Vergangenheit der Menschenrassen greift eine Arbeit Dr. Th. Arldts über die erste Ausbreitung des Menschengeschlechtes.*) Er nimmt in der Entwicklung des Menschen folgende fünf Stufen an:

5. Homo sapiens typicus (Mittelländer, Mongoloiden, Neger).

4. Homo sapiens protomorphus: meist kleine Gestalt, breites Gesicht, Häufung pithekoider Merkmale (z. B. Australier, Hottentotten).

3. Homo primigenius: Typus Neandertalmensch.

2. Protanthropus: ohne artikulierte Sprache, ohne Feuer, Kultur höchstens eolithisch (Homosimius).

1. Prothylobates: Menschenaffe mit allen jetzt auf die einzelnen Anthropomorphiden verteilten Merkmalen.

Die Protanthropusstufe, auf der die Menschheit sehr lange stillgestanden sein und sich der Eolithen bedient haben mag, soll nach Arldt am wahrscheinlichsten in der niederschlagsarmen subtropischen Zone Asiens aus der Prothylobatesstufe hervorgegangen sein. Die Entwicklung der letzteren wäre ins Untermiozän, die des Protanthropus ins Obermiozän zu setzen. Die Ausbildung des eigentlichen Menschen wird nach Haeckels Vorgang nach Innerasien verlegt, wo die langsame Erhebung des gewaltigen Hochlandes zur Pliozänzeit die denkbar günstigsten Bedingungen für die Menschwerdung bot. Diese kann in mehreren Stämmen erfolgt sein (polyphyletisch).

Dr. Arldt untersucht nun die Ausbreitung der einzelnen Rassen von Innerasien her. Die Stammgruppe des Menschengeschlechtes muß die wesentlichen Merkmale der Neandertalrasse besessen haben, besonders einen flachen Schädel, ein kräftigeres Gebiß und kürzere und weniger muskulöse Beine. Sie mag schlichthaarig und braun gefärbt gewesen sein, von mäßiger Körpergröße; doch seien keinesfalls die lebenden Zwergvölker in direkte Beziehungen zu der Stammesgruppe zu setzen. Diese sollen sich nach Dr. Arldts Ansicht aus höher gewachsenen Menschenrassen unter ungünstigen Lebensverhältnissen entwickelt haben. Am nächsten steht der Homo primigenius-Gruppe unter den lebenden Rassen wohl die australische.

Unter den lebenden Rassen kommen zunächst die von Stratz als protomorphe bezeichneten (Jahrg. I, S. 275) in Betracht. In ihnen sind die ältesten Seitenzweige, die aus der Stammgruppe der Menschheit hervorgingen, zu sehen. Sie konnten sich im jüngeren, vielleicht auch schon im mittleren Tertiär über das nördliche Asien und Europa ausbreiten und bewahrten hier den alten schlichthaarigen Typus. Wir können diese hypothetische Rasse als Präneandertalrasse bezeichnen und in ihr die Verfertiger und Benutzer der Eolithen mutmaßen. Möglicherweise standen sie noch durchaus auf der Protanthropusstufe, besaßen also weder Sprache noch Feuer. Im Pliozän konnten sie sich auch südwärts verbreiten, und hier, am wahrscheinlichsten in Indien, ging aus ihnen die wollhaarige, zunächst die büschelhaarige Gruppe der Menschheit hervor. Der eine Zweig gelangte mit zahlreichen indischen Tierformen nach Afrika, das um diese Zeit viel stärker bewaldet gewesen sein muß, als gegenwärtig. In Afrika vertreten den ältesten Typus die Zwergvölker der Akka und ihre Verwandten; die Urakkalen mögen jedoch größer als die jetzigen gewesen sein. Hottentotten und Buschmänner sind eine eigenartige Weiterbildung dieses Typus, der zeitweilig ganz Afrika erfüllt haben mag und, wie die Funde von Mentone (französische Seealpen) es wahrscheinlich machen, auch über die Pyrenäenhalbinsel mindestens bis Südfrankreich vordrang und sich bis tief ins Quartär behauptete. Wie die Hottentotten, so müssen wir ebenso auch die Neger als in Afrika autochthon ansehen, und zwar können sie kaum aus den Hottentotten hervorgegangen sein, die sich extrem einseitig entwickelten, vielmehr gehen sie wohl direkt auf die Akkalen zurück. Die Neger haben selbständig die Stufe der protomorphen Rassen überwunden und repräsentieren eine der drei großen Hauptrassen.

*) Politisch-Anthropol. Revue. VIII. Jahrg. (1909), Nr. 2.

Ein zweiter Zweig der wollhaarigen Protomorphen gelangte nach dem Osten und besiedelte vorwiegend Hinterindien, die malaiischen und melanesischen Inseln und vielleicht auch Australien und Tasmanien. Die von diesem Zweige, aus dem die Papua hervorgingen, mitgebrachte Technik kann höchstens eine eolithische gewesen sein. Eine weitere von Norden kommende Völkerwelle, von den aus den Präneandertalmenschen hervorgegangenen Weddalen geführt, sprengte die wollhaarigen Rassen auseinander. Sie drängte sich zwischen den afrikanischen und den hinterindischen Zweig der Wollhaarigen und gelangte auch bis mitten in das Gebiet der Papua; haben sich von ihnen doch die Toala auf Celebes erhalten, wie überhaupt im hinterindisch-malaiischen Gebiet eine sehr intensive Rassenmischung eingetreten sein muß.

Auch die im Norden zurückgebliebenen Angehörigen der Stammrasse entwickelten sich weiter. Im Westen, in Europa, ging aus ihnen die noch auf der Primigeniusstufe stehende Neandertalrasse hervor. Diese Spaltung können wir etwa 400.000 Jahre zurückversetzen an das Ende der Mindel-Eiszeit. Eine Parallelrasse dazu muß sich im Norden entwickelt haben, ihre letzten Nachkommen sehen wir in den außerordentlich stark behaarten Ainos Nordjapans. In Innerasien erhielt sich ein weiterer Rest des Stammes; aus ihm ging eine dritte südliche Völkerwelle hervor, welche die Drawida nach Vorderindien führte und besonders die stammverwandten Weddalen zurückdrängte. Mit den Drawida dürfte noch ein weiterer Zweig der schlichthaarigen Protomorphen nach dem Süden, und zwar nach Hinterindien, gelangt sein, die Urmalaien, die später größtenteils in den Mongolen und den heutigen Malaien aufging.

Aus den protomorphen Rassen gingen die archimorphen oder Hauptrassen hervor, wie wir schon bei den Negern sahen. Auch die Gelbhäutigen und die Weißhäutigen haben getrennte Wurzeln. Die Heimat der ersteren, deren Stamm- und Hauptrasse die Mongolen sind, kann wohl kaum anderswo als im östlichen Asien gesucht werden; Nordasien müssen sie schon ziemlich früh besiedelt haben, wogegen die Ausbreitung der finnischen Völker nach Nordeuropa sicherlich erst nach der letzten Eiszeit stattgefunden haben wird, da vorher diese Gebiete nicht dauernd bewohnbar waren. Andere Mongoloiden gelangten nach Amerika, vielleicht schon im früheren Diluvium, so daß sie durch die gewaltigen Inlandseismassen des Nordens zeitweilig fast völlig isoliert wurden. In dieser Isolierung ging aus ihnen der so scharf ausgeprägte Indianertypus hervor.

Etwa gleichzeitig mit den Mongolen mögen sich die ältesten Vertreter der mittelländischen Hauptrasse herausgebildet haben, die ebenso nach Westen sich ausbreiteten wie ihr Parallelzweig, die Drawida, nach Süden. Die Ausbreitung dieser Völkerwellen hängt wahrscheinlich mit klimatischen Schwankungen zusammen; denn der Wechsel zwischen Eiszeiten und Interglazialepochen mußte sich natürlich auch in Innerasien fühlbar machen, und die Eiszeiten mußten den Anstoß zu neuen Auswanderungen geben. Wahrscheinlich gab die Riß-eiszeit den Anstoß zu der Völkerwelle, die die Mittelländer nach Westen führte. Vielleicht in der langen Riß-Wurm-Zwischeneiszeit erfolgte die Spaltung dieser Welle; der südliche Zweig, die Hamiten, drängte in Nordafrika die Wollhaarigen zurück, im südlichen Vorderasien schlossen sich an ihn die Semiten an. Der nordwestliche Zweig, die Rasse der Westeuropäer, als deren letzte Reste vielleicht die Basken anzusehen sind, haben die „Urneger" in Südwesteuropa zurückgedrängt und die Neandertalrasse überall abgelöst beziehungsweise in sich aufgesaugt.

Der nördliche Zweig der Mittelländer wurde zunächst durch die Alarodier gebildet, welche die Hauptmasse zu den Völkern der Armenier und vielleicht auch der Juden geliefert haben, ihnen gehörten die Hethiter, die ältesten Kleinasiaten, wohl auch die Elamiten, Sumerier u. a. an. Sie mit den Renntierjägern in Verbindung zu setzen, verhindert ihre Brachykephalie. Aus dieser Rasse gingen schließlich die Indogermanen hervor, und zwar erscheint in der Würmzeit als recht geeignetes Gebiet zur Ausbreitung dieser kräftigen Rasse das nordpontische Gebiet, zwischen den gewaltigen Inlandeismassen im Norden und dem damals weit größeren pontisch-kaspischen Binnenmeere im Süden. Von hier breitete sich beim Rückgang des Eises der slawogermanische Zweig nach Nordwesten aus; die anderen wandten sich nach dem Südosten und Südwesten, das pontisch-kaspische Becken umgehend. Es würde zu weit führen, diese Ausbreitungen hier im einzelnen zu verfolgen; auch betreten wir damit schon das Gebiet der Geschichte.



K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Die Zeit (Wien). Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Viel Freunde wird sich voraussichtlich das Jahrbuch der

Norddeutsche Allgemeine Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen.

Die Verlängerung des Lebens.

Wenn auch das Altern, das allmähliche Zurückgehen des Organismus, zu den physiologischen Erscheinungen gehört, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß der Altersprozeß bei den Städtern zu früh eintritt, und daß ihm der durch Schwelgerei oder durch unzulängliche Nahrung, durch Alkohol, durch Abnutzung des Nervensystems geschwächte Organismus zu rasch unterliegt.

Die Frage nach dem Elixier, das das Leben oder doch zum mindesten die Jugend verlängert, ist so alt als das Menschengeschlecht selbst, und die Wege, auf denen man nach dem Arkanum suchte sind so kraus und krumm, als eben die Gedankengänge des Menschen immer waren. Ist indessen das Ziel, das die Heilkunde sich in dieser Hinsicht gesteckt hat, auch nicht erreichbar, weil nicht eine, sondern Hunderte von Ursachen zusammenwirken, dem Menschen vorzeitig den Garaus zu machen, so haben doch moderne wissenschaftliche Untersuchungen - die sich wie immer an Urvätererfahrung anschließen — einen kleinen Fingerzeig geboten, wie's der Mensch anzustellen hat, um nicht allzufrüh dem Zeitlichen den Zoll zu zahlen.

Unter den Schädlichkeiten, die die Abnutzung unseres Körpers beschleunigen, führt die Wissenschaft besonders die „Darmfäulnis“ an; diese bekämpfen, heißt die Gesundheit kräftigen, das Leben verlängern. Als das wichtigste der Mittel, das diesem Zweck dient, wird in einem sehr lesenswerten, in der „Oesterreichischen Rundschau“ veröffentlichten Aufsatz des Hygienikers Dr. med. Ludwig Reinhardt der „Yoghurt“ angeführt:

* * *

Es ist nicht lange her, so schreibt Dr. Reinhardt, seit die Kulturwelt Westeuropas von den vorzüglichen Eigenschaften der als Yoghurt bezeichneten besonderen Art Dickmilch Kenntnis erhielt, welche berufen zu sein scheint, für die diätetische Behandlung mancher Verdauungsstörungen von der größten Bedeutung zu sein. Dieses Nationalgericht der Bulgaren, das sich in allen Balkanländern der größten Beliebtheit erfreut, hat in seiner Heimat zuerst dadurch die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf sich gelenkt, daß es die merkwürdige Fähigkeit besitzt, alle diejenigen, die regelmäßig davon essen, trotz höchst mangelhafter übriger sanitärer Lebensweise und einer sehr lässig durchgeführten Seuchenpolizei merkwürdig alt werden zu lassen. Von Yoghurtessern überlebt ein großer Teil bei bestem Wohlbefinden das hundertste Lebensjahr.

Ueber das Wesen des Yoghurt sind wir durch die eingehenden Untersuchungen desselben aus der jüngsten Zeit ziemlich aufgeklärt worden. Wie Dr. Grigorow im Laboratorium des Professors Massol in Genf feststellte, enthält diese besondere Art Dickmilch als wirksame Bestandteile drei spezifische Arten von Bakterien. Unter diesen ist der weitaus wichtigste der bulgarische Maya-Bazillus, der lange Stäbchen von geringer Beweglichkeit darstellt. Daneben finden sich ein meist einzeln auftretender Doppelkokkus und ein zu 4 bis 10 Stück aneinandergereihter Kettenkokkus. Das erstere Bakterium entwickelt sich auf sterilisierter Milch am besten bei einer Temperatur von 45 Grad Celsius, bei 50 Grad läßt seine Wirkung nach, und bei 60 Grad stirbt es in etwa einer halben Stunde ab. Die zweite Bakterienart gedeiht am besten bei 37 Grad, die dritte dagegen wiederum bei 45 Grad und geht erst bei 70 Grad in einer Stunde zugrunde.

Dieses Bakteriengemenge, in die in einem weiten Gefäße unter gelegentlichem Umrühren bis zur Hälfte des ursprünglichen Volumens eingedampfte Kuh- oder Ziegenmilch gebracht, bewirkt bei uns bei einer Temperatur von etwa 45 Grad eine Gerinnung derselben in 12 bis 14 Stunden. Das ist der Yoghurt. Seine Zubereitung geschieht in der Weise, daß man die eingekochte Milch in Schalen oder Gläser geschüttet zunächst auf ungefähr 45 Grad Celsius sich abkühlen läßt. Dann erst setzt man das Ferment (Maya) hinzu in der Menge von einem Kubikzentimeter per Liter. Yoghurt schmeckt sehr angenehm mildsäuerlich, kann für sich allein genossen oder dem Kakao, dem Kaffee, dem Tee oder der Milch, auch der Fleischbrühe und daraus hergestellten Suppen wie überhaupt allen anderen Speisen (in Rumänien zum Beispiel auch den Gemüsen) hinzugefügt werden. Im Orient wird Yoghurt vielfach auch als Dessert mit Zucker gegessen.

Durch die Fermentation mit diesem Bakteriengemenge wird die Milch, dieses in Bezug auf seine chemische Zusammensetzung geradezu ideale Nahrungsmittel nicht nur selbst für den schwächsten Magen sehr verdaulich gemacht, sondern es entsteht dadurch auch eine Nährlösung, die abgesehen von dem billigen Preise wie nichts anderes die Darmfäulnis bekämpft.

Wir reichlich Fleisch essenden Kulturmenschen werden beständig durch die giftigen Zersetzungsprodukte der zahllosen, in unseren Gedärmen schmarotzenden Bakterien vergiftet, so daß alle unsere Organe vorzeitig der Altersatrophie verfallen.

ten Kreise mit den
hischen und ethno-
n; dementsprechend
Es ist tatsächlich er-
Belehrung in Bild
oten wird."

tes Jahrbuch der
vir an dieses Buch
nschaftlichen Werke,
en und bei denen
des populär-wissen-
er den Mangel an
ll — machte bald
begrüßen das Er-
afteste. Das Werk
lreichen und guten
n 1 Mark ist außer-

en (Wien). Illu-
denn der Laie auch
Mitteilungen über
und andere wissen-
aften der Neuzeit
indiges Verständnis
s, da solche Mit-
zusammenhanglos
nicht ausreichende
nen wird, ja nicht
t, ehe eine Arbeit
worden ist. Das
nten Zeitabschnitte
von Zeitschriften,
r mehreren Jahren
n solches Jahrbuch,
, aufklärend über
fen. Das Jahrbuch
Entdeckungen am
ie Erdrinde in der
trachtet, wobei die
die Verteilung von
die Erscheinungen
Reibisch durch ein
ken des Erdballs
hse erklärt werden.
en der heißen Zone
rsetzt werden. Die
uns die gewaltigen
en Jahre vor. Die
ngen der kleinsten
Ätherfrage sowie
ei auch die Sturm
rührt werden. Die
te, hohe und tiefe
wird einzelnes zum
eführt. Die Ent-
er lebenden Wesen
Vorgeschichte des
Jahrbuch' kann als
t werden. Es ist in
nun auch der reifen

schlands Ritter-

rchaus gelungenes
rochaska-Verlage in
te Jahrgang eines
gen', das 1 Mark
eis aber geradezu
es bietet. Der erste
s der Erfindungen'
mit 200 prächtigen
s ist eine Muster-
dlung technischer
lich, so anziehend
Publikum, Jugend
ist ein Vergnügen,
seinen Inhalt mit

bietet, kann jedermann wärmstens empfohlen werden."

einer wahren Spannung."

K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Die Zeit (Wien). Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Viel Freunde wird sich voraussichtlich das Jahrbuch der Naturkunde erwerben, denn für dieses interessieren sich heute alle ohne Ausnahme; und obgleich es an populären Gesamtdarstellungen nicht fehlt, hat man doch bis jetzt noch kein periodisches populäres Werk gehabt, das über die Fortschritte jedes Jahres berichtet. Es werden abgehandelt: die Astronomie, die Geologie und Geophysik, die Physik, die Meteorologie, die Chemie, die Biologie, die Botanik, die Zoologie, die Urgeschichte der Menschheit, die Ethnographie, die Physiologie und Psychologie alles sehr hübsch, stellenweise spannend. Die Fülle des dargebotenen Stoffes ist staunenswert und auch der Unterrichtetste wird das Buch nicht aus der Hand legen, ohne Neues daraus gelernt zu haben."

Anzeiger für die neueste pädagogische Literatur. Illustriertes Jahrbuch der Erfindungen. „Für einen so billigen Preis wird man selten ein so gediegenes Werk wie das vorliegende erlangen."

Aus der Heimat. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Ich bin auch von anderer Seite schon öfters nach einem Werke gefragt worden, in dem die Fortschritte der Naturwissenschaften für Laien bearbeitet sind. Nun kann ich ein solches empfehlen: das im Verlag von K. Prochaska, Teschen, erschienene und von H. Berdrow bearbeitete Illustr. Jahrbuch der Naturkunde." Stuttgart, Dr. K. G. Lutz.

Roseggers Heimgarten. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Die Bearbeitung und Redaktion ist ganz musterhaft gelöst. Bei der flüssigen, fesselnden und anregenden Schreibweise dieser Jahrbücher der Geschichte werden dieselben hoffentlich baldigst sich einbürgern .... Die Anschaffung dieses Jahrbuchs der Weltgeschichte kann jedermann nur bestens empfohlen werden. Man wird durch dasselbe bei äußerst angenehmer, nirgends langweiliger Darstellung von den Vorgängen auf allen Gebieten des Lebens, insbesondere des politischen, rasch und richtig unterrichtet."

Deutschtum im Auslande. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen. „Es ist eine dem Bildungswesen zu gute kommende Idee, die Errungenschaften auf dem Gebiete der Erdkunde in Jahrbüchern volkstümlichen Charakters zu billigem Preise darzubieten .... Alles ist durch treffliche Abbildungen dem Auge nahe gebracht. Das neue Jahrbuch verdient ganz unseren Beifall."

Volks-Zeitung. (Berlin). „Ein ausgezeichnetes Volksbuch ist soeben im Verlage von Karl Prochaska, Teschen und Wien, erschienen. Es ist der erste Jahrgang des ‚Illustrierten Jahrbuchs der Naturkunde'. Hermann Berdrow, der sich eines in wissenschaftlichen Kreisen sehr geschätzten Namens erfreut, hat mit erstaunlicher Sorgfalt alle naturwissenschaftlichen Ereignisse, Forschungsergebnisse und Entdeckungen der letzten Jahre registriert. Keine Abteilung der Wissenschaft ist in diesem interessanten Werke unberücksichtigt geblieben. Zahlreiche Illustrationen schmücken das lesenswerte, hochinteressante Buch. Zuletzt sei noch hervorgehoben, daß der außerordentlich billige Preis von einer Mark jedem Naturliebhaber die Anschaffung des Werkes ermöglicht."

Breslauer Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltgeschichte. „Von Prochaskas Illustrierten Jahrbüchern nimmt zweifellos das Jahrbuch der Weltgeschichte den hervorragendsten Rang ein. Der etwa 160 Seiten Lexikonformat starke Band, der mit zahlreichen Illustrationen aufs würdigste ausgestattet ist, vereinigt in sich wieder alle Vorzüge, die von uns bereits bei Besprechung des vorigen Jahrgangs hervorgehoben werden konnten, vorzügliche Beherrschung des Stoffes, lichtvolle Darstellung, volkstümliche Schreibweise und gesundes politisches Urteil."

Linzer Tagespost. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. „Der Verfasser führt uns in die Regionen des ewigen Eises, nach Asien, in die Neue Welt, nach Afrika, Australien und nach der Südsee und versteht es, in leichtfaßlicher und dabei anregender Form die physikalischen und politischen Verhältnisse dieser Gebiete zu schildern. Zahlreiche, dem Texte eingefügte Illustrationen tragen zum Verständnisse des Inhalts bei. Das Buch, das eine Fülle des Interessanten bietet, kann jedermann wärmstens empfohlen werden."

Norddeutsche Allgemeine Zeitung. Illustriertes Jahrbuch der Weltreisen und geographischen Forschungen. „Der Zweck des Buches ist, die weitesten Kreise mit den neuesten Forschungsreisen zu geographischen und ethnographischen Zwecken bekanntzumachen; dementsprechend ist auch der Preis ein sehr geringer. Es ist tatsächlich erstaunlich, welche Fülle von gediegener Belehrung in Bild und Wort dem Leser für 1 Mark geboten wird."

Münsterischer Anzeiger. Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Die Skepsis, mit der wir an dieses Buch herantraten — wie an alle naturwissenschaftlichen Werke, die für billiges Geld angeboten werden und bei denen die dadurch hervorgerufene Betonung des populär-wissenschaftlichen Charakters nicht selten über den Mangel an Inhalt des Werkes hinwegtäuschen soll — machte bald einer anderen Auffassung Platz; wir begrüßen das Erscheinen dieses Werkes auf das lebhafteste. Das Werk ist stilistisch ausgezeichnet und mit zahlreichen und guten Illustrationen geschmückt. Der Preis von 1 Mark ist außerordentlich niedrig bemessen."

Zeitschrift für das Realschulwesen (Wien). Illustriertes Jahrbuch der Naturkunde. „Wenn der Laie auch aus den Tageszeitungen gelegentlich Mitteilungen über neue Entdeckungen, neue Hypothesen und andere wissenschaftliche und technische Errungenschaften der Neuzeit erhält, so erlangt er damit kein vollständiges Verständnis der betreffenden Zweige des Wissens, da solche Mitteilungen meist nur unvollständig und zusammenhanglos geboten werden, ohne daß auf die oft nicht ausreichende Vorbildung der Leser Rücksicht genommen wird, ja nicht selten werden sie bereits veröffentlicht, ehe eine Arbeit zu einem gewissen Abschlusse gebracht worden ist. Das läßt sich aber erst nach einem bestimmten Zeitabschnitte erreichen und ist daher die Aufgabe von Zeitschriften, welche die Forschungen von einem oder mehreren Jahren zusammenfassen. Es erscheint somit ein solches Jahrbuch, wie es hier vorliegt, ganz geeignet, aufklärend über neuere wissenschaftliche Fragen zu wirken. Das Jahrbuch beginnt mit der Vorführung einiger Entdeckungen am gestirnten Himmel. Es wird dann die Erdrinde in der Vergangenheit und Gegenwart kurz betrachtet, wobei die Veränderungen an der Erdoberfläche, die Verteilung von Wasser und Land sowie namentlich die Erscheinungen der Eiszeiten nach dem Ingenieur Reibisch durch ein regelmäßiges, sehr langsames Schwanken des Erdballs um eine den Äquator schneidende Achse erklärt werden. Durch eine solche sollen einzelne Gegenden der heißen Zone in höhere Breiten und umgekehrt versetzt werden. Die Untersuchungen über Erdbeben führen uns die gewaltigen Wirkungen dieser Erscheinung im letzten Jahre vor. Die Physik belehrt über einzelne Bewegungen der kleinsten Körperteilchen und besonders über die Ätherfrage sowie über die Kräfte des Luftmeeres, wobei auch die Sturmwarnungen und das Wetterschießen berührt werden. Die Chemie führt uns die neuen Elemente, hohe und tiefe Temperaturen vor. Aus der Biologie wird einzelnes zum Beweis der Abstammungslehre vorgeführt. Die Entdeckungen auf dem Gebiete der Welt der lebenden Wesen bringen manches Neue, ebenso die Vorgeschichte des Menschen und die Völkerkunde. Das ‚Jahrbuch' kann als sehr anregend und belehrend bezeichnet werden. Es ist in einem würdigen Ton gehalten und kann auch der reifen Jugend in die Hand gegeben werden."

Allgemeiner Anzeiger für Deutschlands Rittergutsbesitzer. „Wieder einmal ein durchaus gelungenes Volksbuch bester Art, dieser erste im Prochaska-Verlage in Wien, Leipzig und Teschen erschienene Jahrgang eines ‚Illustrierten Jahrbuchs der Erfindungen', das 1 Mark (Kronen 1.20) kostet, für diesen Preis aber geradezu unglaublich viel und überraschend Gutes bietet. Der erste Jahrgang des ‚Illustrierten Jahrbuchs der Erfindungen' ist ein 216 Seiten starker Quartband mit 200 prächtigen Illustrationen. Der Text des Werkes ist eine Musterleistung der volkstümlichen Behandlung technischer Themata, so interessant und verständlich, so anziehend sind sie für die Laienwelt, das große Publikum, Jugend und Volk schriftstellerisch abgefaßt. Es ist ein Vergnügen, dieses Werk zu lesen, man verfolgt seinen Inhalt mit einer wahren Spannung."



